# செல் உயிரியலின்
# அண்மைக்கால வளர்ச்சி

(பட்டப்படிப்புக்குரியது)

ஆசிரியர்
வே. சே. தாசரதி, எம். ஏ.,
துணைப் பேராசிரியர், விலங்கியல் துறை,
அரசினர் கலைக்கல்லூரி,
கோவை.

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

த. பா. நி. (க. வெ.) வரிசை எண்—374

# செல் உயிரியலின் அண்மைக்கால வளர்ச்சி

(பட்டப்படிப்புக்குரியது)

ஆசிரியர்

வே. சே. தாசரதி, எம்.ஏ.,

துணைப் பேராசிரியர், விலங்கியல் துறை,

அரசினர் கலைக்கல்லூரி,

கோவை.

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

First Edition—October, 1972

T.N.T.B.S. (C.P.) No. 374

© Tamil Nadu Text Book Society

**Recent Advances in Cell Biology**

V. C. DASARATHY

Price Rs. 5-00

'Published by the Tamil Nadu Text Book Society under the Centrally Sponsored Scheme of Production of books and literature in regional languages at the University level, of the Government of India in the Ministry of Education and Social Welfare (Department of Culture), New Delhi.'

Printed at
Sarathy Printers,
Madras-7.

# அணிந்துரை

## திரு. இரா. நெடுஞ்செழியன்

(தமிழகக் கல்வி - உள்ளாட்சித்துறை அமைச்சர்)

தமிழைக் கல்லூரிக் கல்வி மொழியாக ஆக்கிப் பன்னிரண்டாண்டுகள் ஆகிவிட்டன. குறிப்பிட்ட சில கல்லூரிகளில் பி.ஏ. வகுப்புமாணவர்கள் தங்கள் பாடங்கள் அனைத்தையும் தமிழிலேயே கற்றுவந்தனர். 1968ஆம் ஆண்டின் தொடக்கத்தில் புகுமுக வகுப்பிலும் (P.U.C.), 1969ஆம் ஆண்டிலிருந்து பட்டப்படிப்பு வகுப்புகளிலும் அறிவியல் பாடங்களையும் தமிழிலேயே கற்பிக்க ஏற்பாடு செய்துள்ளோம். தமிழிலேயே கற்பிப்போம் என முன் வந்துள்ள கல்லூரி ஆசிரியர்களின் ஊக்கம், பிற பல துறைகளிலும் தொண்டு செய்வோர் இதற்கெனத் தந்த உழைப்பு, தங்கள் சிறப்புத்துறைகளில் நூல்கள் எழுதித்தர முன்வந்த நூலாசிரியர்கள் தொண்டுணர்ச்சி இவற்றின் காரணமாக இத் திட்டம் நம்மிடையே மகிழ்ச்சியும் மனநிறைவும் தரத்தக்க வகையில் நடைபெற்று வருகிறது. இவ்வகையில், கல்லூரிப் பேராசிரியர்கள் கலை, அறிவியல் பாடங்களை மாணவர்க்குத் தமிழிலேயே பயிற்றுவிப்பதற்குத் தேவையான பயிற்சியைப் பெறுவதற்கு மதுரைப் பல்கலைக்கழகம் ஆண்டுதோறும் எடுத்துவரும் பெருமுயற்சியைக் குறிப்பிட்டுச் சொல்லவேண்டும்.

பல துறைகளில் பணிபுரியும் பேராசிரியர்கள் எத்தனையோ நெருக்கடிகளுக்கிடையே குறுகிய காலத்தில் அரிய முறையில் நூல்கள் எழுதித் தந்துள்ளனர்.

வரலாறு, அரசியல், உளவியல், பொருளாதாரம், தத்துவம், புவியியல், புவியமைப்பியல், மனையியல், கணிதம், இயற்பியல், வேதியியல், உயிரியல், வானியல், புள்ளியியல், விலங்கியல், தாவரவியல், பொறியியல் ஆகிய எல்லாத் துறைகளிலும் தனி நூல்கள், மொழிபெயர்ப்பு நூல்கள் என்ற இருவகையிலும் தமிழ் நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம் வெளியிட்டுவருகிறது.

இவற்றுள் ஒன்றான 'செல் உயிரியலின் அண்மைக்கால வளர்ச்சி' என்ற இந் நூல் தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனத்தின் 374 ஆவது வெளியீடாகும். இதுவரை 409 நூல்கள் வெளி வந்துள்ளன. இந் நூல் மைய அரசு கல்வி, சமூக நல அமைச்சகத்தின் மாநில மொழியில் பல்கலைக்கழக நூல்கள் வெளியிடும் திட்டத்தின்கீழ் வெளியிடப்படுகிறது.

உழைப்பின் வாரா உறுதிகள் இல்லை; ஆதலின், உழைத்து வெற்றி காண்போம். தமிழைப் பயிலும் மாணவர்கள் உலக மாணவர்களிடையே சிறந்த இடம் பெறவேண்டும். அதுவே தமிழன்னையின் குறிக்கோளாகும். தமிழ்நாட்டுப் பல்கலைக் கழகங்களின் பல்வகை உதவிகளுக்கும் ஒத்துழைப்புக்கும் நம் மனம் கலந்த நன்றி உரியதாகுக.

இரா. நெடுஞ்செழியன்

# பொருளடக்கம்


பக்கம்

1. தோற்றுவாய் ... 1

செல் உயிரியல்—வரலாறும் வளர்ச்சியும்—செல் மரபியல்—செல் செயலியல்—செல் வேதியியல்—நுண்ணோக்கியியல்—நிலைநிறுத்தல் — ஒளிநிலை நுண்ணோக்கியல் — குறுக்கீட்டு நுண்ணோக்கியியல்—முனைப்படுத்தல் நுண்ணோக்கியியல் — எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியியல் — நிறமிடுதல் — புரோட்டோப்பிளாசம்.

2. செல்லின் அமைப்பு ... 24

செல்லின் அளவும் வடிவமும்—சவ்வு மண்டலம்—உள்தாது வலை—கோல்கைப் பொருள்—உட்கருச் சவ்வு—சைட்டோப்பிளாச இடையூட்டுப் பொருள்—சைட்டோப்பிளாச இழைகள்—நுண் குழாய்கள்—கதிர் அமைப்பு—மையத் துகள்கள்—செல்லின் நுண்ணுறுப்புகள் — உட்கரு — உட்கருமணி — மைட்டோக் காண்டிரியாக்கள்—பிளாஸ்டிட்கள்—லைசோசோம்கள்—பிற நுண்ணுறுப்புகள்.

3. செல்லின் உயிர் வேதியியல் ... 48

செல்லின் வேதியியல் பகுதிப்பொருள்கள்—தனித்த நீரும், இணைந்த நீரும்—உப்புகள்—புரதங்கள்—புரதங்களின் கரைதிறன் — இணைந்துள்ள புரதங்கள் — கொழுப்புகள் — மாவுப் பொருள்கள் — மானோசாக்கரைடுகள் — ஒலிகோசாக்கரைடுகள் — பாலி சர்க்கரைடுகள்—மியூகோ பாலி சாக்கரைடுகள்.

4. பிளாஸ்மா சவ்வு ... 63

பிளாஸ்மா சவ்வின் அமைப்பு — பிளாஸ்மா சவ்வின் பருமன்—அலகு சவ்வு — உட்புகுதிறனும் கடத்துகையும் — செல்சுவர் — பிளாஸ்மோடெஸ் மாட்டா — சந்திப்பு அமைப்புகள் — மொத்த மாகக் கடத்துகை.

5. உள்தாதுவலையும் ரிபோசோம்களும் ... 75

கடின உள்தாது வலை—உள்தாதுவலையில் காணும் புரதங்கள்—மென் உள்தாது வலை — உள்தாது வலையும் கோல்கை அமைப்பும்—ரிபோசோம்கள் —உட்கரு மணியும் ரிபோசோம்களும்—தனித்த ரிபோசோம்களும் இணைந்த ரிபோசோம்களும்.

6. மைட்டோக் காண்டிரியா ... 85

காணுமிடங்கள் — மைட்டோக் காண்டிரியாக் களின் அமைப்பு — மைட்டோக் காண்டிரியாக் களின் நொதிகள் — கிரெப்ஸ் சுழற்சி — சுவாசச் சங்கிலி ஆக்சிகரண பாஸ்ஃபாரிலேஷன்.

7. கோல்கைப் பொருள் 100

அமைப்பு—டிக்டயோ சோம்கள்—கோல்கைப் பொருளின் வேதியியல் பண்பு.

8. மையத் துகள் ... 107

மையத் துகளின் புற அமைப்புகள் — மையத் துகளின் உள் அமைப்புகள்—மையத் துகளின் வேதி யியல் அமைப்பு—மையத் துகள்கள் பிரதியெடுத்தல் —குறு இழை, சாட்டை இழை, குறு இழை அசைவு ஆகியவற்றின் அமைப்பும் வேலையும்.

9. லைசோசோம்கள் ... 117

அமைப்பும் வேலையும்—வெளி மூலக்கூறுகளைச் செரித்தல்—உள் மூலக் கூறுகளைச் செரித்தல்—செல் காயமும், செல்மரணமும்.

10. பெராக்சிசோம்கள் ... 124

பெராக்சிசோம்களின் அமைப்பு — பெராக்சி சோம்களின் வேலை.

11. உட்கரு ... 127

உட்கருவின் பொதுத்தன்மைகள் — இடைநிலை உட்கருவின் பகுதிப்பொருள்கள்—உட்கருச் சவ்வு —குரோமாடினும் உட்கருத் திரவமும்—குரோ

மாடினின் வேதியியல் அமைப்பு—உட்கருமணி—உட்கரு உயிரில் பொருள்கள்.

12. உட்கரு அமிலங்கள் ... 141

டிஎன்ஏ வின் அமைப்பும் பிரதியெடுத்தலும்—ஆர்என்ஏ வின் அமைப்பும் சேர்க்கையும்.

13. மரபியல் குறியிடலும் புரதச் சேர்க்கையும் ... 154

தூதுவர் ஆர்என்ஏ வின் பங்கு—ஏற்று ஆர்என்ஏ வின் பங்கு—ரிபோசோம் ஆர்என்ஏ வின் பங்கு—புரதச் சேர்க்கையைக் கட்டுப்படுத்துதல்.

14. எதிர்முகப் பகுப்பு—(மைட்டோசிஸ்) ... 168

எதிர்முகப் பகுப்பின் பருவங்கள்—பகுப்பு இடைநிலை—ஆரம்ப முதல்நிலை—பிற்பட்ட முதல்நிலை—இடைநிலை—முன் கடைநிலை — கடைநிலை — எதிர்முகப் பகுப்புக்கொள்கைகள்—குரோமோசோம்கள் இழுக்கப்படும் கொள்கை—குரோமோசோம்கள் உந்தப்படும் கொள்கை—பேலாரின் எதிர்முகப் பகுப்புக் கொள்கை—நார்களின் வகைகளும், வேலைகளும் — பிரதியெடுத்தல் — சைட்டோபிளாசப் பகுப்பு.

15. குன்றல் பகுப்பு ... 181

முதல்நிலை I — நீள் நூல் கட்டம்— இணைநூல் கட்டம்—குறுகுநூல் கட்டம் — இருநூல் அகல் கட்டம் — குறுகலிழைக் கட்டம் — முதல் குன்றல் பகுப்பின் இடைநிலை, முன்கடைநிலை மற்றும் கடைநிலை — இரண்டாம் குன்றல் பகுப்பு — இனச்செல்கள் உண்டாதல் — குன்றல் பகுப்பின் பயன்கள்.

16. குரோமோசோம்கள் ... 190

அமைப்பு — குரோமோசோம்களின் இழைகள் — சிறப்புக் குரோமோசோம்கள் — உமிழ்நீர்ச் சுரப்பிக் குரோமோசோம்கள் — விளக்கு பிரஷ் குரோமோசோம்கள்.

17. செல் அசைவு ... 201

சைட்டோப்பிளாசத்தின் அமைப்பு — சைட்டோப்பிளாசத்தின் இசைவுகள்—நார்ச்செல்களின் அசைவு — அமீபாவின் அசைவு.

18. வைரஸ்கள் ... 206

அமைப்பு — ஊட்டுயிரி மீதான விளைவுகள் — வைரஸ்களும் கான்சரும் — வைரஸ்களும் செல் கலப்புயிரி அமைத்தலும்

19. வளர்ந்துவரும் செல்உயிரியல் ... 213

கலைச் சொற்கள் ... 216

# 1. தோற்றுவாய்

## செல் உயிரியல்—வரலாறும் வளர்ச்சியும்

அறிவியலின் ஆரம்ப காலத்திலிருந்தே உயிர்ச் செயல்களின் விந்தையான போக்குகளைப் புரிந்து கொள்ள மனிதன் ஆர்வம் காட்டி வந்திருக்கிறான். இத்தகைய ஆய்வுகளுக்கு அவன் வெகுவாகத் தன் உணர்வுகளையே நம்பினான். ஆயினும் அவனது காலத்தில் நிலவிய சிற்சில தவறான எண்ணங்கள், அவனுடைய சீரிய ஆய்வினைக் குலைத்து, மூடநம்பிக்கையின்பால் இழுத்துச் சென்றிருக்கின்றன. இதற்கு எடுத்துக்காட்டாக உயிர்கள் தாமாகவே தோன்றும் கொள்கையினைக் (Theory of Spontaneous generation) குறிப்பிடலாம். அக்காலத்தில் விலங்கினங்களும் தாவரங்களும் உயிரில்லாப் பொருளிலிருந்தே தோன்றுகின்றன எனத் தவறாக எண்ணினார்கள். இக்கருத்து, அனைவர் மனத்திலும் நீக்க இயலாத அளவுக்கு நிலைபெற்று இருந்தது. கிரேக்கத்தின் மூதறிஞர் எனக் கருதப்பட்ட அறிஸ்ற்றாட்டிலும் (Aristotle), சிறந்த ஆராய்ச்சி வல்லுநரான வில்லியம் ஹார்வியும் (William Harvey) இக்கொள்கையை அப்படியே ஏற்றுக் கொண்டனர். பின்னர் பதினெட்டாம் நூற்றாண்டில், ஸ்பாலன்சானி (Spallanzani) என்பவரும், பாஸ்டியர் (Pasteur) என்பவரும் இக்கொள்கையின் தவறான அடிப்படையைப் பரிசோதனைகள் வாயிலாக உலகுக்குத் தெளிவாக்கினர். ஓர் இறைச்சித் துண்டத்தை அதிலுள்ள நுண்ணுயிரிகளை அகற்றிய பின்னர், ஒரு காற்றுப்புகாத பாண்டத்தில் வைத்திருந்தால், அது கெடுவது மில்லை; பாக்டீரியா (Bacteria) போன்ற கிருமிகள் அதில் தோன்றுவதுமில்லை. இவ்வுண்மையை விளக்கிய பின்னர்தான், உயிர்கள் தாமாகவே தோன்றும் இயல்புடையவை அல்ல என்பதை உலகம் ஏற்றுக் கொண்டது. இவ்வாறு தன்னுடைய சூழ்நிலை சுற்றுச் சார்புகளைப் புரிந்து கொள்வதற்காக, மனிதன் அதிக ஆர்வம் காட்டி வந்திருக்கிறான். இந்த ஆர்வத்தின் அடிப்படையாக, உயிரியல் என்னும் அறிவியல்

கிளைத்துத் தோன்றியது. அதன் செழுமையான ஒரு கிளைதான் செல் உயிரியல் என்பதாகும்.

வளைந்த கண்ணாடிகளின் பயன் தெரிந்ததன் விளைவாக, பதின் மூன்றாம் நூற்றாண்டில் மூக்குக் கண்ணாடி கண்டுபிடிக்கப் பட்டது. பின்னர், 1350ஆம் ஆண்டு டச்சுக்காரர்களான ஜாக்கரி (Zachary), ஜென்சென் (Janssen) ஆகியோர் ஓர் எளிமையான நுண்ணோக்கியை அமைத்துத் தந்தனர். இப்பணியில் தொடர்ந்து ஈடுபட்ட லீவன்ஹூக் (Leeuwenhoek), மேலும் நுட்பமான ஆராய்ச்சிகளுக்குப் பயன் படத்தக்க ஒரு நுண்ணோக்கியைக் கண்டார். துவக்கத்தில், நுண்ணோக்கியின் பயன் மக்களுக்கு வெகுவாகப் புலப்படவில்லை. நீண்ட நாட்களுக்குப் பின்னர், இராபர்ட் ஹூக் (Robert Hooke) என்பார், இக்கருவியை அறிவியல் ஆய்வுகளுக்குத் துணையாகக் கொள்ளலாம் எனத் தெரிவித்தார். இவர் 1667ஆம் ஆண்டு ஒரு கார்க்கின் நுண்ணமைப்பைக் கண்டு 'செல் கொள்கை'க்கு வித்தூன்றினார். ஏறத்தாழ 150 ஆண்டு காலம் செல் கொள்கை கவனிப்பாரற்று இருந்தது. அது புத்துயிர் பெறுவதற்கு ஷ்வான் (Schwann), ஷ்லீடன் (Schleiden) ஆகியோர் காரணமாயிருந்தனர். விரிவான ஆராய்ச்சியின் பயனாக, அவர்கள் 1839ஆம் ஆண்டு ஆக்கித் தந்த கொள்கை விளக்கம் கற்றோரின் மனத்தைப் பெரிதும் கவர்ந்தது. எல்லா உயிரினங்களும் செல்களால் ஆக்கப் பட்டவை என்ற கருத்துக் கொண்ட இக் கொள்கை செல் கொள்கை (Cell theory) என்ற பெயரால் வழங்கப்படுகிறது.

செல்கள் எவ்வாறு தோன்றுகின்றன என்பதில் வெகு காலமாகக் கருத்துக் குழப்பம் நிலவியது. செல் கொள்கையின் ஆசிரியரான ஷ்வான், வடிவமில்லாத கூழ் போன்ற செல் மூலப் பொருளிலிருந்தே (Cell blastema) செல்கள் தோன்ற முடியும் என்று குறிபிட்டார். ஆயினும் இதனைப் பெரும்பான்மையானவர்கள் ஒப்புக் கொள்ளவில்லை. செல்கள் ஏற்கெனவே உள்ள ஏனைய செல்களிலிருந்து பகுத்துத் தோன்றுகின்றன என்ற உண்மையை விர்ச்சோவ் (Virchow, 1855) என்பவர் வெளியிட்டார். இதன் பின்னர், செல் கொள்கை நிறைவான ஒன்றாக உலகத்தோரால் ஒப்புக் கொள்ளப்பட்டது.

பத்தொன்பதாம் நூற்றாண்டின் முற்பகுதி, செல் பற்றிய மேலும் பல உண்மைகளைக் கண்டது, செல்லினுள் காணப்படுபவற்றை முதன் முதலாக புர்கின்ஜெ (Purkinje, 1840) என்பவர் உயிர்ப்பொருள் (protoplasm) எனப் பெயரிட்டு ஆராயத் துவங்

கினர். செல்லின் நிரந்தரமான, இன்றியமையாத பகுதியாக விளங்குவது உட்கரு என்பதை பிரௌன் (Brown, 1831) என்பவர் கண்டறிந்தார். பின்னர் வாக்னர் (Wagner, 1832) உட்கரு மணியை (nucleous) முதன் முறையாகக் கண்டார். நுண்ணோக்கியியல் (microscopy) மேலும் வளர்ச்சி பெற்ற பின்னர், ஒரு செல்லின் வாழ்க்கை சரிதத்தில் உட்கரு எத்தகைய முக்கிய பங்கு வகிக்கிறது என்பது உணரப்பட்டது. எனினும் உட்கரு செல்பகுப்பின் போது மறைந்து பிறகு சேய்ச் செல்களில் மீண்டும் தோன்றுவதைச் சிலர் கண்டார்கள். இச் செயல் மரபுக் குணங்களுக்கு எவ்வாறு காரணமாகும் என்ற கேள்வி பின்னர் எழுந்தது.

செல் பகுப்பின் போது உட்கரு அடைகின்ற நீண்ட மாறுதல்களை 1873ஆம் ஆண்டு ஷ்னீடர் (Schneider) புட்ஸ்லி (Butschli) ஃபால் (Fol) ஆகியோர் தனித்தனியே ஆராய்ந்து எடுத்துக் காட்டினர். செல் பகுப்பின் போது சில இழைகள் உண்டாகி, இவை தாய்ச் செல்லிலிருந்து சேய்ச் செல்லுக்குச் செல்வதை ஷ்னீடர் புலப்படுத்தினர், இவ்விழைகளின் சிறப்புத் தன்மையை அப்போது எவரும் உணரவில்லை இவை 1888ஆம் ஆண்டு மீண்டும் கண்டு பிடிக்கப்பட்டு, குரோமோசோம்கள் (Choromosomes) எனப் பெயரிடப்பட்டன. நான்காண்டு ஆராய்ச்சிக்குப் பின்னர் ஃபிளமிங் (Flemming), எல்லா உயிரினங்களிலும் எதிர்முகப் பகுப்பு முறை (Mitosis) நடைபெறுவதை விரிவாக எடுத்துரைத்தார்.

புருனோ (Brunno) என்னும் ஊரில் 1865ஆம் ஆண்டில் நடைபெற்ற ஒரு விரிவுரை, வரலாற்று முக்கியத்துவம் வாய்ந்தது. செல் உயிரியல், மரபியல் (Genetics) துறைகளுக்கு மறுமலர்ச்சி ஊட்டிய இவ்வுரையை ஆற்றிய பெருமகனர், கிரிகர் மெண்டல் (Gregor mendel) என்ற ஓர் ஆஸ்திரிய துறவியாராவார். மரபியல் குணங்கள் எவ்வாறு சந்ததியருக்குக் கொண்டு செல்லப்படுகின்றன என்பதை ஆதாரங்களுடன் அவர் விளக்கினர். எனினும் ஐம்பதாண்டு காலம் இவருடைய கொள்கை அறிவாரற்று இருந்தது. பிறகு 1901ஆம் ஆண்டு காரன்ஸ் (Correns,) ஷெர்மாக் (Tschermack), டீவ்ரிஸ் (Devries) ஆகிய தாவரநூல் வல்லுநர்கள், தனித்தனியே ஆராய்ந்து மெண்டல் கண்டவற்றை மீண்டும் வெளிப்படுத்தினர்.

மரபியலில் உட்கரு வகிக்கும் பங்கை உணர்ந்த பிறகு செல்**லின்** ஏனைய பகுதிகள் விரிவாக ஆராயப்பட்டன. வான் பெனடின் (Van Beneden), பவரி (Boveri,) ஆகியோர் சைட்டோப்

பிளாசத்தில் காணப்படுகின்ற செல் மையத்தைக் (Cell center) கண்டார்கள். ஆல்ட்மன் (Altmann), பெண்டா (Benda), என் போர் மைட்டோக் காண்டிரியானையும் (Mito Chondrion) கோல்கை (Golgi) என்பவர் வலை அமைப்பையும் (Reticular apparatus) முதன் முறையாகக் கண்டனர். பாலூட்டிகளின் (Mammals) செல்களில் உள்தாது வலையையும் (Endo plasmic reticulum) இக்காலத்தில் அறியப்பட்டன.

தாவரசெல்களின் வரம்பாக செல் சுவர் (Cell wall) என்ற தடித்த அமைப்பு விளங்குவது நெடுங்காலமாக அறிந்த ஒன்றாகும். இத்தகைய அமைப்பு, பாலூட்டிகளின் செல்களில் இல்லை என் பதை ஆராய்ச்சிகள் புலப்படுத்தின. இதற்குப் பதிலாக ஒரு மெல்லிய சவ்வு போன்ற அமைப்பு இருப்பதை நுண்ணோக்கிகாட்டி யது. இதன் விளைவாக, செல் சவ்வு (Cell membrane) பற்றிய கொள்கை நிலை நாட்டப்பட்டது. இதற்குக் காரணமாக இருந் தவர் ஓவர்டன் (Overton) என்பவராவார்.

எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி, செல்லியலில் பல புதிய உண்மை களை உணர்வதற்குக் காரணமாக அமைந்தது. பெரும் மூலக் கூறு அளவில் (Macro molecular level) சைட்டோப் பிளாசத்தை அறிவ தில் இது பெரிதும் உதவியது. இதன் விளைவாக செல் உயிரியலும், உயிர் வேதியியலும் (Bio–chemistry) நெருங்கி வந்துள்ளன எனக் கூறலாம். உயிர்த்தாது வலையின் நுட்பங்களை ஃபாசட் (Fowcett, (1961) அறிந்து கூறியதற்கும், ரிபோசோம்கள் (Ribosomes) மைட்டோக் காண்டிரியானின் உள்ளமைப்பு, கோல்கைப் பொரு ளின் (Golgi complex) நுண்ணமைப்பு ஆகியவற்றை டால்டன் Dalton, 1961) புலப்படுத்தியமைக்கும் எலெக்ட்ரான் நுண், ணோக்கியே காரணமாகும். மேலும் இக்கருவி உருளை வடிவமான மையத்துகள்களின் (Centrioles) அமைப்பையும் தெளிவாகக் காட்டியுள்ளது.

இவ்வாறு பத்தொன்பதாம் நூற்றுண்டின் பிற்பகுதியில் தோன்றிய செல் உயிரியல், பல்வேறு வகைகளில் முன்னேற்றம் கண்டிருக்கிறது. இத்துறை இந்த நூற்றுண்டில் அடைந்துள்ள பெரும் மாறுதல்களுக்கு இரண்டு காரணங்களைக் குறிப்பிடலாம்.

1. நுண்ணோக்கியியலில் கண்டுள்ள முன்னேற்றம். துவக்கத் தில் மிக எளிமையான முறையிலிருந்த நுண்ணோக்கியியல், இன்று **பாராட்ட**த்தக்க வளர்ச்சி கண்டிருக்கிறது. எலெக்ட்ரான் நுண் ணோக்கி, எக்ஸ் கதிர் பரப்புகை **(X–ray diffraction)** போன்றவற்

றின் மூலம் இன்று நாம் மிக நுண்ணிய பொருட்களையும் பெரிய அளவில் காண இயலும்.

2. உயிரியலின் பிற துறைகளுடன் ஏற்பட்ட உறவு. குறிப்பாக மரபியல், உடற் செயலியல் (physiology), உயிர் வேதியியல் ஆகியவற்றுடன் ஏற்பட்ட நெருக்கமான உறவின் விளைவாக, பௌதிக வேதியியல் முறைகளைப் பயன் படுத்தி செல்லைப் பற்றிய உண்மைகளை உணர வழி அமைந்தது. இதுவரை இத்துறைகளுக்கிடையில் காணப்பட்ட ஒரு செயற்கையான கோடு மறைந்து போயிற்று. இப்போது செல்லும், அதன் மூலக் கூற்றமைப்பும் உயிரியலுக்கே அடிப்படையாக விளங்குகின்றன.

இக்காலத்தில் செல் உயிரியலுக்கும் ஏனைய துறைகளுக்கும் இடையில் ஏற்பட்டுள்ள உறவின் காரணமாக, சில இணைக்கப்பட்ட துறைகள் வடிவம் பெற்றுள்ளன. அவை கீழே சுருக்கித் தரப்படுகின்றன.

## செல் மரபியல்
## (Cytogenetics)

உயிரினங்களின் இனப்பெருக்கத்தின்போது, செல் பகுப்பு என்ற முக்கியமான செய்கை சாதாரணமாக நடைபெறும். இதை முதலில் கண்டறிந்தவர் விர்ச்சோவ் (Virchow) என்பவராவர். இதன் பிறகு செல்களைப்பற்றிய ஆய்வுகளுடன் மரபியல், பரிணமம் (Evolution) ஆகிய துறைகளும் சேர்ந்து அறியப்பட்டன.

வான் பெனடின் (Van Beneden), ஃபிளெமிங் (Flemming) ஸ்ட்ராஸ்பர்ஜர் (Strasburger) ஆகியோர் இனப்பெருக்கச் செல்களை நன்கு ஆராய்ந்து அறிந்தனர். அவர்கள் கண்டறிந்த உண்மைகள், வீஸ்மன் (Weissmann), வெளியிட்ட இன உயிர்ப்பொருள் கொள்கைக்குத் (Germ plasm theory), துணை செய்வதாக அமைந்தன. இக்கொள்கை, மரபியல் பண்புகள் ஒரு சந்ததியிலிருந்து மற்றொன்றுக்கு இனப்பெருக்க உயிர்ப் பொருளினால்தான் கொண்டு செல்லப்படுகின்றன என்பதைத் தெளிவாக்கியது. உடற் செல்கள் (Somatic cells), இச் செயலில் பங்கேற்பதில்லை என்ற உண்மை இதனால் தெரிய வந்தது.

கருவுருதலின் போது விந்தணு முட்டையினுள் நுழைவதை நியூ போர்ட் (New port, *1854*), என்பவர், முதன் முறையாக விளக்கினார். இதற்கான மேலும் பல விளக்கங்களை ஃபால் (Fol,

1879) என்பவர்அளித்தார். இந்த விளக்கங்கள், மரபியல் பண்பு களைக் கொண்டு செல்வதில் உட்கரு வகிக்கும் பங்கை எடுத்துக் காட்டியது. இதன் பின்னர் ரூக்ஸ் (Roux), உட்கருவினுள்ளே உள்ள குரோமாடின், குரோமோசோமை அமைப்பதையும், அவை களை மரபியல் பண்புகளுக்குக் காரணமாக இருக்க வேண்டும் என் பதையும் தெரிவித்தார். தொடர்ந்து வீஸ்மன், மரபியலுக்கான அடிப்படை அமைப்புகள் குரோமோசோமில் ஒழுங்காக அமைக்கப் பட்டிருப்பதைத் தெளிவாக்கினர்.

ஏற்கெனவே விளக்கியிருப்பதைப் போன்று, கிரிகர் மெண்டல் மரபியலுக்கான அடிப்படை தத்துவங்களை 1865ஆம் ஆண்டு அறி வித்தார். அவர் தம் கொள்கையில் மரபியல் அடிப்படை அமைப்பு களை வினியோகிக்கின்ற சாதனம் பற்றி நல்ல விளக்கம் தரவில்லை. பல ஆண்டுகட்குப் பிறகு, உடற்செல்களில் குரோமோசோம்கள் இரட்டைக் குழு அமைப்பு (Diploid), பெற்றிருப்பதையும், இனப் பெருக்கச் செல்களில் ஒற்றைக் குழு அமைப்பு (Haploid), பெற் றிருப்பதையும் கண்டறிந்தார்கள். மேலும் செல் உயிரியல் வல்லார், குன்றல் பகுப்பு முறை (Meiosis) நிகழ்வதாலேயே, இனப் பெருக்க செல்களில் ஒற்றைக் குழு அமைப்பு இருப்பதாகத் தெரி வித்தனர்.

இத்தகைய பல்வேறு ஆராய்ச்சிகளின் முடிவாக, மக்கிளங் (Mo Clung, 1901), பால் நிர்ணயத்துக்குச் சில குறிப்பிட்ட குரோமோசோம்களே காரணமாக இருக்கக் கூடும் என்று தெரி வித்தார். இக்கருத்துக்கு ஒரு திட்டமான வடிவத்தைக் கொடுக்க ஸ்டீவன்ஸ் (Stevens), வில்சன் (Wilson), ஆகியோர் உதவினர். இறுதியாக மரபுவழி குரோமோசோம் கொள்கையை (Chromosoma theory of inheritance) பவரியும், பால்ட்ஸரும்(Bover and Baltzer) அறிவித்தனர். எனினும் மரபு வழிக்கு குரோ மோசோமில் ஒழுங்கு முறைப்படி அமைந்துள்ள ஜீன்களே கார ணம் என்பதை மார்கன் (Morgan), பிரிட்ஜஸ் (Bridges), ஸ்டர்டி வண்ட் (Sturtevant) என்போர் வெளியிட்டனர்.

இவ்வாராய்ச்சிகளின் விளைவாக மரபியல் என்றஅறிவியற்கிளை தோன்றியது. துவக்கத்திலிருந்தே செல் உயிரியலும், மரபியலும் நெருங்கிய தொடர்பு கொண்டிருந்தன, இவ்விரண்டையும் சிலர் இணைத்து செல் மரபியல் (Cytogenetics) எனப் பெயரிட்டுள்ளனர்.

## செல் செயலியல்
## (Cell physiology)

செல்லியலின் ஆரம்பகாலத்தில் நிலைத்த, நிறமிடப்பட்ட செல்களையும் திசுக்களையும் ஆராய்ந்தே பல உண்மைகள் கண்டறியப் பட்டன. பின்னர் ஃபிஷர் (Fisher), ஹார்டி (Hardy), ஆகியோர் ஒரு புது வழி கண்டனர். இதன்படி உயிருள்ள செல்களை ஆராய்வதன் மூலம் பல புதிய உண்மைகள் புலப்பட்டன. சைட்டோப்பிளாசத்தின் சுழற்சி ஓட்டம் (cyclosis), அமீபா அசைவு (amoeboid movement), குறுஇழைகள் (cilia), சாட்டை இழைகள்(flagella), தசைச் சுருக்கம் (muscle contraction) ஆகிய இயக்கங்கள் ஆராய்ந்து உணரப்பட்டன.

தாவர செல்களைப் போன்றே விலங்குகளின் செல்களும் ஒரு தடித்த வரம்பைக் கொண்டிருக்கும் என முன்னர் நம்பினர். ஓவர்டன் (Overton), என்பாரது ஆராய்ச்சி, விலங்கு செல்களில் செல் சவ்வு இருப்பதை விளக்கியது. இவ்வாறு செயலியல் தொடர்பான ஆய்வுகள் தொடர்ந்து நடைபெற்றன. எர்லிச் (Ehrlich, *1881*) என்பார் முதன் முறையாக செல்களை உயிருடன் நிறமிடும் முறையைக் கண்டறிந்தார். செல்கள் உணர்வுக்கு உட்படுதல், நரம்பின் வேலை ஆகியவன பற்றிய திட்டமான உண்மைகள், பத்தொன்பதாம் நூற்றுண்டின் நடுப்பகுதியில் தெரியவந்தன.

செல் பற்றிய மற்றுமொரு சுவையான உண்மை, இருபதாம் நூற்றுண்டின் துவக்கத்தில் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. ஓர் உடலிலிருந்து அகற்றப்பட்ட செல்கள், தகுந்த சூழ்நிலையில் நன்கு வளர்ந்து உருப்பெறுகின்றன. திசு வளர்ப்பு முறை (Tissue culture) என அழைக்கப்படும் இதனை இப்போது பல்வேறு துறைகளிலும் கையாளுகின்றனர். இதைத் தொடர்ந்து அறியப்பட்ட இன்னெரு முறை நுண்ணறுவை முறை (Micro surgery), என்பதாகும், இந்த முறையைக் கையாண்டு செல்களின் பாகுநிலை (Viscocity), ஹைட்ரஜன் அடர்த்தி (Hydrogen concentration,) ரிடாக்ஸ் நிலை (Redox potential), உட்கரு-சைட்டோப்பிளாச உறவு, மற்றும் பல பௌதிக-வேதியியல் விவரங்கள் அறியப்பட்டன.

செல் செயலியல் என்னும் இப்புதிய அறிவியல் துறை, அதிக அக்கறையோடு இப்போது அறியப்படுகிறது. வல்லுனர் பலரும், தங்கள் கருத்தினைச் செல்களின் அமைப்பிலிருந்து மாற்றி, அவற்றின் செயல் முறைகள்பால் திருப்பி வருகிறுர்கள். இத்துறையில் ஆர்வத்துடன் பயிலப்படும் சில விவரங்கள், செல் சவ்வின் ஊடே

நடைபெறும் விரைவு கடத்துகை (active transport), சூழ்நிலைகளால் செல்களில் ஏற்படும் விளைவுகள், செல்களின் தூண்டுகை (excitablity), சுருக்கம், ஊட்டம் (nutrition), வளர்ச்சி, சுரத்தல் என்பன ஆகும்.

## செல் வேதியியல்
## (Cytochemistry)

இது இக்காலத்தில் தோன்றியுள்ள மற்றுமொரு புதிய துறையாகும், செல்களின் பௌதிக வேதியியல் கூறுபாடுகளைக் கூர்ந்து அறிவது இதன் நோக்கமெனலாம். உயிர் வேதியியல் துறையில் நடைபெற்ற ஆய்வுகளில் ஃபிஷர் (Fischer), ஹாஃப்மீஸ்டர் (Hofmeister), ஆகியோர் கண்டறிந்தவை குறிக்கத் தக்கனவாகும். இவர்கள் சிறு அமினோ அமிலங்களால் புரத மூலக்கூறுகள் ஆக்கப் பட்டுள்ளன எனக்கண்டார்கள். மேலுமொரு குறிப்பிடத்தக்க கண்டுபிடிப்பு, ஆஸ்ட்வால்டு (Ostwald), என்பவர் கண்டதாகும். பல்வேறு சக்தி மாற்றங்களுக்கு நொதிகளே காரணம் என அவர் அறிவித்தார். செல்களில் நடைபெறும் முக்கியமான ஆக்சிகரணங்களை (oxidations), வைலாண்டு (Wieland *1903*), வார்பர்க் (Warburg *1908*), கீலின் (Keilin *1934*) ஆகியோர் விளக்கினர். செல்களின் ஆக்ஸிகரணத்துக்கும், மைட்டோக் காண்டிரியாக் களுக்கு முள்ள தொடர்பை ஆல்ட்மன் என்பார் சுட்டிக் காட்டினர். வேறுபட்ட மைய விலக்க முறையைக் (Differential centrifugation), கையாண்டு, மைட்டோக்களைப் பிரித்தெடுத்த பின்னர், இவ்வாராய்ச்சி தொடர்ந்து நடந்தது. பின்னர் கிளாடு (Claude), ஹோக்பூம் (Hogeboom), போன்றோர், ஆக்சிகரணம் நிகழும் மூல அமைப்புகள் மைட்டோக் காண்டிரியாக்களே என்பதை தெளிவாக்கினர். இதைத் தொடர்ந்து கோல்கைப் பொருள், உட்கருமணி, குரோமோசோம்கள், ரிபோசோம்கள் போன்றவை தனித்தெடுக்கப்பட்டு அவற்றின் வேலைகள் அமைப்புகள் நன்கு அறியப்பட்டன.

சமீபகால செல் வேதியியல் நுண்வேதியியல், (Microchemical), மிக நுண்வேதியியல் (uitra microchemical) தொடர்பான கூறுபாடுகளை அடிப்படையாகக் கொண்டுள்ளது. இதைத் தவிர நொதிகளின் எதிர்வினைகளை நடைபெறச் செய்து, இவற்றை பிறகு எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் ஆராய்வது பயனளித்து வருகிறது.

இறுதியாக, செல்களின் நுண்ணமைப்பையும், மூலக் கூற்றமைப்பையும் அறிவதில் இப்போது பலரும் நாட்டம் செலுத்தி வருகிறார்

கள். இத்துறைகள் மிக அதிக அளவில் வளர்ச்சிபெற்று வருகின்றன. வெவ்வேறு துறைகளுக்கிடையே வரம்புகளை அமைத்துக் கொள்ளாமல், எல்லாத்துறைகளும்நெருங்கிய தொடர்புகொண்டு இதை வளமான ஓர் உயிரியல் கிளையாக மாற்றி வருகின்றன.

## நுண்ணோக்கியல்
## (Microscopy)

செல்லியல் அடைந்துள்ள பெரும்வளர்ச்சியில் மிகச்சிறப்பான பங்கு வகிப்பது, நுண்ணோக்கி எனலாம். இக் கருவியைக் கண்டு பிடித்தவுடன், இராபர்ட் ஹூக் கார்க் செல்லின் அமைப்பைத் தம்முடைய எளிமையான சோதனைகளால் கண்டறிந்தார். அவரது முயற்சி, நுண்ணோக்கியைப் பயன் படுத்தி மேலும் பல ஆராய்ச்சிகள் நிகழ்த்த மற்றவர்களுக்கு வழி காட்டுவதாக அமைந்தது. லீவன்ஹூக் பதினேழாம் நூற்றுண்டில் தாம் அமைத்த நுண்ணோக்கி மூலம் பலவற்றை அறிந்து வெளியிட்டார் ஆயினும், அவரது கண்டு பிடிப்புகளின் சிறப்புத் தன்மை, ஐம்பது ஆண்டுகட்குப் பிறகே உணரப்பட்டது.

எல்லா நுண்ணோக்கிகட்கும் இரண்டு சிறப்பு அம்சங்கள் இருத்தல் வேண்டும்: (1) நன்கு புலப்படக் கூடிய பிம்பத்தை உண்டாக்குதல். (2) காணும் பொருளுக்கும் (object) அதன் சூழ் நிலைக்கும் இடையில் தெளிவான நிற வேற்றுமை உண்டாக்குதல். உருவத்தைப் பெரிதாக்கிக் காட்டுவதால் மட்டும், முழுப் பயனை யும் பெற்று விட முடியாது. காண்கின்ற பிம்பம், பார்ப்பவர் கண்களுக்கு சூழ்நிலையிலிருந்து தனித்து தெளிவாகப் புலப்பட வேண்டும். எனினும் எல்லாவிதமான வில்லைகளும் (Lenses) அடிப் படைக் குறைகளைப் பெற்றிருப்பதால், மாசு மறுவற்ற பிம்பத்தை ஏற்படுத்துவதில்லை. நுணுக்கமான விவரங்களை வேறுபடுத்திக் காட்டுகின்ற வில்லையின் ஆற்றலை, நுட்பம் காண்திறன்(Resolution) என்கிறோம். ஒரு வில்லையின் அதிக அளவு நுட்பம் காண்திறன் 0. 17 $\mu$ ஆகும். எவ்விதக் சாதனங்களுமின்றி மனிதனின் கண் கள் 100$\mu$ அளவு வரைதான்காண முடியும்.

## நிலைநிறுத்தல்
## (Fixation)

நுட்பம் காண்திறனை அதிகப்படுத்துதல், நுண்ணோக்கியியலில் எதிர்ப்படுகின்ற முதலாவது சிக்கலாகும். அதைப் போன்றே முக்கியத்துவமுள்ள மற்றொன்று வேறுபாட்டை உண்டாக்குதல். வேறுபாடுகளைக் கண்கள் உணர்ந்து கொள்வதற்கு ஒளியின்

ஆற்றலும் (Intensity of light) ஒளியின் அலைநீளம் அல்லது நிறமும் உதவியாக இருக்கும். ஆனால், செல்லில் காணப்படுகின்ற நுண்ணுறுப்புகளில் பெரும் பான்மையானவை ஒளி ஊடுருவும் தன்மையுள்ளவை. இந்த நிலையை மாற்றி அவைகளை நன்கு தெரியும் வண்ணம் மாற்றுவதற்கு, பலவகையான உப்பு மூலச் சாயங்கள் (Basic dyes) பயன் படுத்தப் படுகின்றன. ஆயினும், இவைகள் செல்லை உயிருள்ள நிலையில் வைத்திருப்பதில்லை.

திசுவை அதன் இயற்கையான சூழ்நிலையிலிருந்து அகற்றிவுடன், அது தொடர்ந்து நொதிச் செயலில் ஈடுபடா வண்ணம் தடுக்கப்படவேண்டும். இது நிறைவேறுவதற்கு எளிதான செயல் அதைக் கொல்வதே ஆகும். இச் செயல் அதன் தனித்தன்மையோ செல்களின் அமைப்போ கெடாத வண்ணம் செய்யப்படவேண்டும் இதனை நிலை நிறுத்தல் மூலம் செய்து முடிக்கலாம். பல சிறப்பு இயல்புகள் வாய்ந்த நிலைநிறுத்திகள் (fixatives), இதற்கெனக் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளன.

நிலைநிறுத்திகளுடன் உடனே சேர்ந்து செயலாற்றுகின்ற பொருள் செல்லின் புரதமாகும். பார்மால்டிஹைடு, (Formaldehyde), பாதரச குளோரைடு (Mercuric Chloride) ஃபிளமிங் கரைசல் (Flemming's solution), ரிகோடு கரைசல் (Regoud solution) முதலியவை பல மூலக் கூறுகளுடன் பாலங்களை உண்டாக்கிச் செயல்படுகின்றன. இந்த செயல் கீழே தரப்பட்டு உள்ளது.

$$R-NH_2 + HCHO \longrightarrow R-NH-CH_2\,OH$$
$$R-NH-CH_2\,OH + R_1-NH_2 \rightarrow R-NH-CH_2-NH-R_1 + H_2O.$$

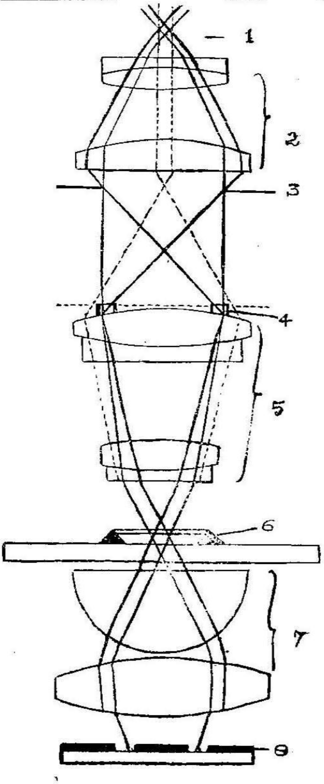
அமில நிலை நிறுத்திகளான கார்னுயி கரைசல் (Carnoy's Solution), போயின் கரைசல் (Bouin's fluid) போன்றவை உட்கரு, குரோமோசோம் ஆகியவற்றின் அமைப்பை உணரப் பெரிதும் உதவுகின்றன.

## ஒளிநிலை நுண்ணோக்கியியல்
## (Phase Microscopy)

ஒளி ஊடுருவும் பொருட்களைக் காண்பதில் உள்ள சிரமங்களைத் தவிர்ப்பதற்கு, சில நுட்பங்கள் பயன் படுத்தப் படுகின்றன. இவ்வாறு உண்டானவை, ஒளி நிலை நுண்ணோக்கியியல் (Phase microscopy), குறுக்கீட்டு நுண்ணோக்கியல் (Interference

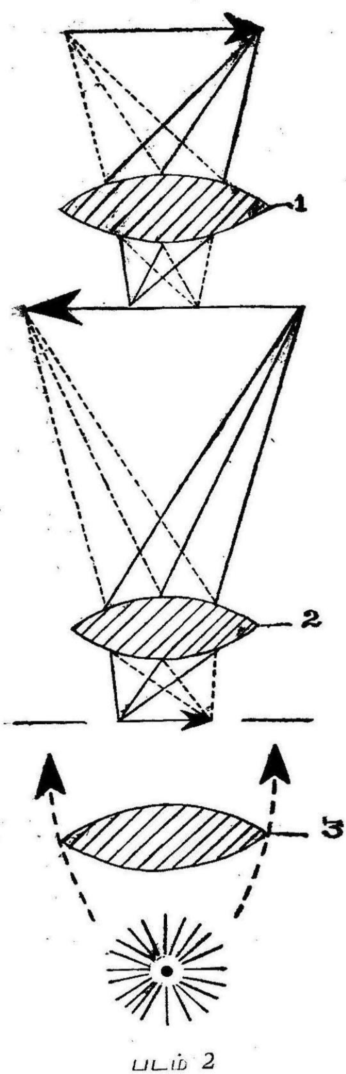
microscopy), முனைப்படுத்தல் நுண்ணோக்கியியல், (Polarization microscopy), எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியியல் (Electron microscopy) என்பனவாம். செல்லின் நுண்ணுறுப்புகள் சாதாரண ஒளி ஊடுருவக் கூடியவையாக இருந்தாலும், செலுத்தப்பட்ட கதிரியக்கத்தில் (Transmitted radiation) அவை மாறுபாடுகளை உண்டாக்கும், இதுவே ஒளிநிலை நுண்ணோக்கியலுக்கும் குறுக்கீட்டு நுண்ணோக்கியியலுக்கும் அடிப்படையாக அமைந்த தத்துவமாகும்.

ஒளிநிலை வேறுபாட்டு நுண்ணோக்கியியலை (Phase Contrasmicroscopy) முதன் முறையாக செர்னிக் (Zernicke) என்ற பெளதிக வல்லுநர் கண்டு பிடித்தார். ஒளி நிலையில் ஏற்படும் சிறு வேறுபாடுகளை பெரிதாக்கி, அவைகளைக் கண்களுக்குப்புலப்படக் கூடிய வகையில் அவர் மாற்றினர். இந்தக் கண்டுபிடிப்புக்காக அவர் 1953ஆம் ஆண்டு நோபல் பரிசு வழங்கப் பெற்றார், இந்த நுண்ணோக்கியில் பொருளருகு வில்லையின் பக்கவாட்டில் செல்லும் ஒளி அலைகளின் அலை நீளம் (Wave length), நடுவில் செல்லும் ஒளி அலைகளின் அலை நீளத்தை விட நான்கில் ஒன்றளவு ($\frac{1}{4}$) தாமதப் படுத்தப்படுகிறது. இந்த தாமதத்தைச் செய்வதற்கு, ஒரு வளைவு கொண்ட ஒளிநிலைத்தகடு (Annular phase plate) பயன் படுத்தப் படுகிறது. இவ்வாறு ஏற்படுத்தப்பட்ட தடையின் காரணமாக, காணும் பொருள் சூழ்நிலையைவிடப் பிரகாசமாயும், தெளிவாயும் தெரிகிறது. சாதாரண நுண்ணோக்கியில் ஒளி ஊடுருவும் வண்ணம் தோன்றுகின்ற காணும் பொருள், இப்போது பல வேறுவிதமான பழுப்பு நிறமாகத் தோன்றுவதால் அதைப் பற்றிய விவரங்களை நன்கு உணர முடிகிறது.




படம் 1
ஒளிநிலை நுண்ணோக்கி

1. விழிப் பகுதி;
2. விழியருகு வில்லை;
3. விழியருகு வில்லையின் குவியப் பகுதி;
4. பொருளருகுவில்லையின் குவியப் பகுதி;
5. பொருளருகுவில்லை;
6. பொருள்;
7. தொகுப்பி;
8. வளையம் கொண்ட தகடு.




படம் 2

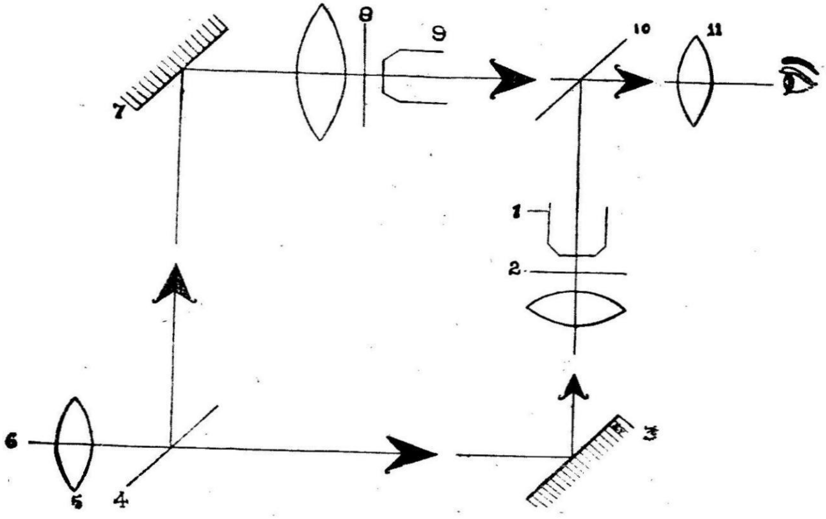
ஒளி நுண்ணோக்கி
1. மூன்றும் வில்லை;
2. இரண்டாம் வில்லை;
3. முதலாம் வில்லை,

இக் காலத்தில் ஒளிநிலை நுண்ணோக்கி உயிருள்ள செல்களையும் திசுக்களையும் அறிவதற்குப் பெரிதும் பயன்படுகிறது. இதனை உபயோகித்து, செல்லைப் பற்றிய வியக்கத்தக்க பல உண்மைகளை நாம் அறியலாம். செல் பகுப்பின்போது உட்கரு, சைட்டோபிளாசம்போன்றவை அடைகின்ற மாறுதல்கள், மைட்டோக் காண்டிரியாக்களின் சுரக்கும் ஆற்றல், திரவக்குமிழி அமைத்தல் அல்லது செல் குடித்தல் (Pinocytosis), நார்கள் தோன்றுதல் போன்றவற்றை நுண்ணோக்கி மூலம் காணமுடிகிறது.

## குறுக்கீட்டு நுண்ணோக்கியல் (Interference Microscopy)

குறுக்கீட்டு நுண்ணோக்கி தொடர்ந்து ஒளிமுறிவு காட்டியில் (Refractive Index) சிறு மாறுபாடுகளைச் செய்வதன் மூலம் வியக்கத்தக்க நிற மாற்றங்களை உண்டாக்கிக் காட்டுகிறது. இதில் ஓர் ஒளி மூலத்திலிருந்து (light source) எழும் ஒளிக் கற்றைகள் இரண்டாகப்பிளக்கப்படுகின்றன. ஒன்று பொருளின் ஊடே புகுந்து செல்கிறது. மற்றொன்று அரை குறைப் பிரதிபலிப்பு ஆடியில் (Semi reflecting mirror) பட்டு, பொருளை விட்டு விலகிச் செல்கிறது. ஒவ்வொரு ஒளிக் கற்றையும் தனித் தனியான ஒளியமைப்புச் சாதனத்தின் (Optical system) மூலம் செல்கிறது. பின்னர் இரண்டு பிம்பங்களும் ஓர் அரைகுறைப் பிரதிபலிப்பு ஆடியின் உதவியால் மீண்டும் இணைக்கப்படுகின்றன. இவ்வாறு பொருளின் ஊடே செல்லும் ஒளி அலைகளுக்கு மற்றொரு அலை வாயிலாகக் குறுக்கீட்டை ஏற்படுத்துவது இதன் குறிக்கோளாகும். இறுதியில் தோன்றும் ஒளிக்கதிர், பகு

கிரணத்தை விட (incident ray) குறைவான வீச்சைப் பெற்று இருக்கும். அதாவது காணும் பொருள் கருமையாகத் தோன்றும்.

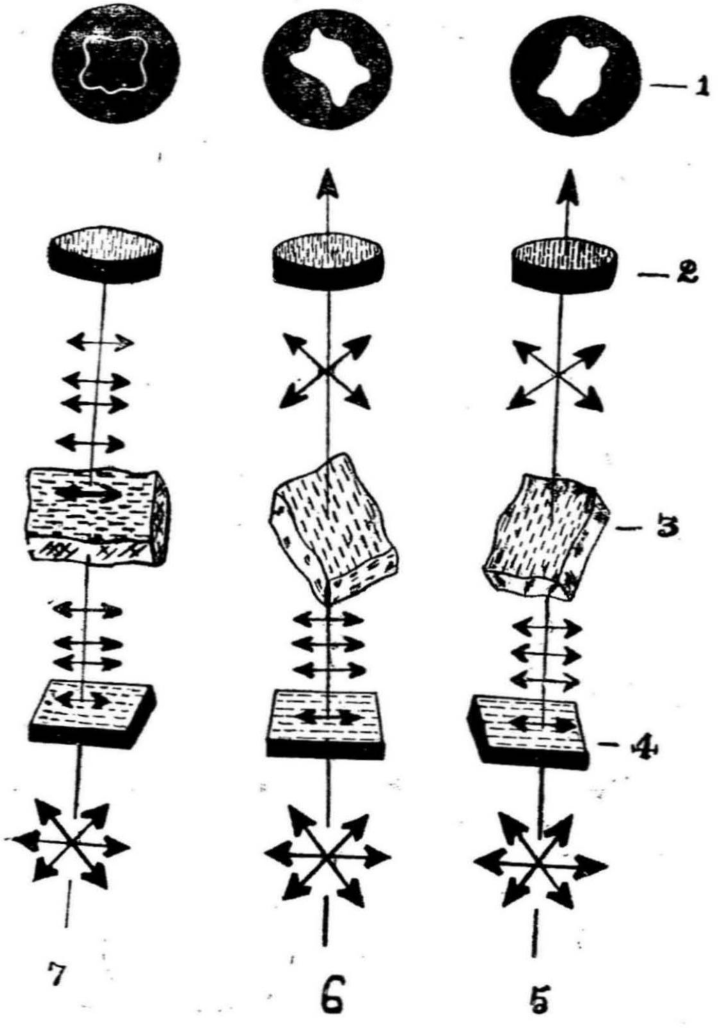



படம் 3

குறுக்கீட்டு நுண்ணோக்கி

1. இரண்டாம் வில்லை; 2. பொருள் கொண்ட தகடு; 3. பிரதிபலிக்கும் இரண்டாம் ஆடி; 4. பாதி பிரதி பலிப்பு ஆடி 1; 5. முதலாம் வில்லை; 6. பிம்பம்; 7. பிரதி பலிக்கும் முதலாம் ஆடி; 8: ஒப்பிடும் தகடு; 9. மூன்றும் வில்லை; 10. பாதி பிரதிபலிப்பு; 11. விழியருகு வில்லை.

குறுக்கீட்டு நுண்ணோக்கியியல் இன்னுமொரு வகையில் பயனளிப்பதாக ஆகும். காண்பதற்காக வைக்கப்பட்டுள்ள உலர்ந்த பொருளுடன் அதனுடைய ஒளிமுறிவு காட்டி தொடர்பு கொண்டிருப்பதால், நாம் அதனுடைய எடையை நிர்ணயிக்க இயலும். இந்த நுணுக்கத்தைப் பயன் படுத்தி, ஒரு செல்லில், அமைந்துள்ள உட்கரு அமிலம், கொழுப்பு, புரதம் ஆகியவற்றின் அளவை நிர்ணயிக்கிறார்கள், ஆயினும் இதற்குப் பல சிக்கல் வாய்ந்த சாதனங்கள் தேவைப் படுவதால், இதைப் பொதுவாக ஆய்வுக் கூடத்தில் பயன் படுத்துவதில்லை.




படம் 4

முனைப்படுத்தல் நுண்ணோக்கி

ஒத்த தன்மை பெருத ஒரு பொருளை, நுனிப்படுத்தி, கூறு படுத்தி ஆகியவற்றுக்கிடையே வைத்து $\pm 45°$ சுழற்றினால் கருமையாகவும் பிரகாசமாகவும் அது தென்படுவதைப் படம் காட்டுகிறது. 1. காணும் பிரதேசம்; 2. கூறுபடுத்தி (Analyzer); 3. காணும் பொருள்; 4. நுனிபடுத்தி (Polarizer); 5,6,7, படு ஒளி.

## முனைப்படுத்தல் நுண்ணோக்கியல்
## (Polarization microscopy)

மாறுபடும் அளவையுள்ள ஒளிமுறிவு காட்டிகளைப் பயன்படுத்துவதால், பிம்பத்தில் மாறுபாடுகளை உண்டாக்கலாம் என்பது

வெகு காலமாக உணரப்பட்டு வந்துள்ளது, இம்முறைகளில் முனைப் படுத்தப்பட்ட ஒளி பயன் படுத்தப்படுகிறது. காணும் பொருள் ஒத்த தன்மை கொண்டதாக (Isotropic)இருந்தால், அதன் ஊடே செல்லும் முனைப்படுத்தப்பட்ட ஒளி அதே அலைவேகத்தில் அனுப்பப் படும். அத்தகைய பொருட்கள் எல்லாப்புறங்களிலும் அதே ஒளிவு முறிவுக் காட்டியைப் பெற்றிருக்கும். ஆனால், வேறு சில பொருட் கள் வேறுபட்ட தன்மை (Anisotropic) கொண்டிருக்கும். இவற் றின் ஊடே செல்கின்ற முனைப்படுத்தப்பட்ட ஒளியின் அலை வேகம் மாறக்கூடும். ஆகவே இப் பொருட்களை இரட்டை ஒளிமுறிவு உள்ளவை (Birefringent) எனக் கருதலாம். இவற்றில் இரண்டு வகையான ஒளிமுறிவு காட்டிகள் காணப்படும்.

துரிதமாகவும், மெதுவாகவும் செல்லும் இருவேறு ஒளிக் கதிர் களுக்குமுள்ள ஒளிமுறிவு காட்டிகளின் வேற்றுமையை இரட்டை ஒளிமுறிவு உள்ளவையின் அளவையாகக் கொள்ளலாம். இந்த அளவையை அறிவதற்கு, ஒளியமைப்புச் சாதனத்தில ஓர் ஈடு படுத்தியை (Compensator) அமைக்கின்ற முறை கையாளப்படு கிறது. ஒளி நுண்ணோக்கிக்கும் முனைப்படுத்தல் நுண்ணோக்கிக்கும் உள்ள முக்கிய வேற்றுமை,இரண்டாவதாகக் குறிப்பிடப்பட்டதில் இரண்டு முனைப்படுத்தும் சாதனங்களைப் பயன் படுத்துவதாகும். படுகிரகணத்துக்கும், பொருளுக்கும் இடையில் அமைக்கப்படுவது முனைப்படுத்தி (Polarizer) எனப்படும். பொருளருகு வில்லைக்கு மேலே அமைக்கப்பட்டிருப்பது, கூறுபடுத்தி (Anlayzer) என அழைக்கப்படும். கூறுபடுத்தியை 360° அளவுக்கு சுழற்றும்போது, 180° அளவுக்கு ஒரு முறை காணும் நிலை பிரகாசமாகவும் கருமை யாகவும் மாறும். முனைப்படுத்தியும் கூறுபடுத்தியும் கிடையாக அமைக்கப் படும்போது, அதிக ஒளிச் செலுத்துகை இருக்கக் காணலாம்.

முனைப்படுத்தல் நுண்ணோக்கி, செல்லில் காண்கின்ற பல்வேறு உயிரில்லாப் பொருட்களின் மூலக்கூறுகளை அளப்பதில் பெரும் பயனளிக்கிறது. குறிப்பாக, இச்சாதனத்தைப் பயன்படுத்தி எதிர் முனைப் பகுப்பின்போது தோன்றும் நார்களைப் பற்றியும், தசை செல்களின் அமைப்பு பற்றியும் உணர முடிகிறது.

## எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியியல்
## (Electron microscopy)

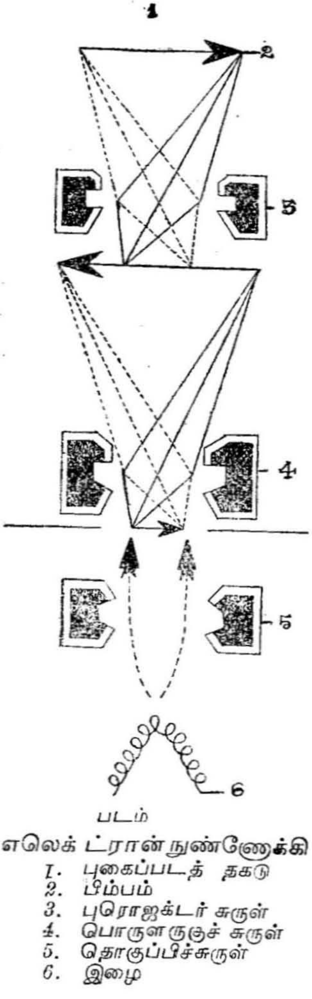
முதன் முறையாக எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியியல் 1940 ஆம் ஆண்டு உயிரியல் துறையில் ஈடுபடுத்தப்பட்டது.

இதன் பயனுக செல்களின் உயிரியல் பண்புகளேயும், அவற்றின் நுணுக்கமான அமைப்பையும் ஒப்பிட்டு உணர முடிந்தது. எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி ஒளி நுண்ணோக்கியை விடச்சுமார் 100 மடங்கு அதிக காணும் திறன் உள்ளது. எலெக்ட்ரான்கள் ஏறத் தாழ 0·005 μ அலே நீளமுடையவை. ஒரு வெற்றுக் குழாயில் உலோக இழை (metal filament) ஒன்றை எரிப்பதன் மூலம், அலே போன்று எலெக்ட்ரான்கள் உண்டாக்கப்படுகின்றன. இவை ஒரு மின்காந்தப் பிரதேசத்திஞல் (electro magnetic filed) ஒதுக்கி அனுப்பப்படுகின்றன. எலெக்ட்ரான்களின் வேகத்தை ஒழுங்கு செய்வதற்கும் கட்டுப்படுத்துவதற்கும் உலோக இழை மீது பொருத்தப்பட்டுள்ள எலெக்ட்ரான் நிலே சாதனம் (electron potential) பயன்படும். கதிர்த் தொகுப்பியாகச் (condenser) செயல்படும் ஒரு காந்தச் சுருள் (Magnetic coil) எலெக்ட்ரான் களேக் காணும் பொருள்களின் மீது குவிக்க உதவும். எலெக்ட்ரான் களின் பாதையை மாற்றி அமைக்க மற்றுமொரு காந்தச்சுருள் அமைந்துள்ளது. இதுவே பொருளருகு வில்லேயாகவும் செயல் படும். இவ்வாறு உண்டாக்கப்படும் பிம்பத்தை மேலும் பெரி தாக்கிக் காட்ட இன்னுமொரு காந்தச்சுருள் அமைக்கப்பட்டுள் ளது. இதை விழியருகு வில்லேயாகக் (Ocular lens) கருதலாம். இறுதியாக ஏற்படும் பிம்பம் ஒரு மின்னுகை உள்ள திரையில் (Fluourescent Screen) தெரிகிறது.

ஒளி நுண்ணோக்கியில் ஒரு பிம்பம் உண்டாவது, ஒரு திசுவின் வெவ்வேறு பாகங்கள் ஒளியை உறிஞ்சுவதைப் பொறுத்திருக் கிறது. ஆனுல் எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில், எலெக்ட்ரான்கள் சிதறுதல் இதற்குக் காரணமாகும். இந்நுண்ணோக்கியில் காண் திறனின் வரம்பு 10Å ஆக இருக்கிறது. காணும் பொருட்களே 1,60,000 முறை பெரிதாக்கிக் காட்ட இதனுல் முடியும். மேலும் இதைப் புகைப்படமாகப் பெரிதாக்கினுல், இதனுடைய உருவப் பெருக்கம், பத்து லட்சம் மடங்கை எட்டக் கூடும்.

இவ்வாறு எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி பலவகையான சிறப் பியல்புகளேப் பெற்றிருந்தாலும், இதைப் பயன்படுத்துவதில் சில குறைகள் இருக்கின்றன.

1. எலெக்ட்ரான்களின் நுழையாற்றல் (Penetrability) மிகக் குறைவாக இருப்பதால்,மிகவும் மெல்லிய திசுக் களின் துண்டங்கள் தேவைப்படுகின்றன. காணும் பொருளின் பருமன்5000Å அளவுக்கு அதிகமாக இருந்




படம்
எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி
1. புகைப்படத் தகடு
2. பிம்பம்
3. புரொஜக்டர் சுருள்
4. பொருளருகுச் சுருள்
5. தொகுப்பிச்சுருள்
6. இழை

தால், எலெக்ட்ரான்களைக் கடத்த இயலாமல், அது ஓர் ஒளிபுகாப் பொருள் போன்றிருக்கும்.

2. திசுக்களின் நீர் நீக்கல் (dehydration), கொள்பொருள் அகற்றல் (evacuation) போன்ற செயல்களுக்கு ஈடு கொடுக்கக்கூடியவையாக இருக்க வேண்டும். ஆனால் இச் செயல்கள் உயிருள்ள செயல்களைக் கொன்று விடுகின்றன.

ஒளி நுண்ணோக்கியில் திசுக்களைத் தயாரிக்கும் முயற்சியில் நிலை நிறுத்துதல், தேன்மெழுகில் பதிய வைத்தல், நுண்வெட்டிகொண்டுசிறு துண்டுகளை அமைத்தல் போன்றவை அடங்கியிருக்கும். எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியியலிலும் பெரும்பாலும் இத்தகைய முறைகளைக் கையாளுகிறார்கள். ஆயினும் இம்முறைகளில் சிற்சில வேறுபாடுகள் இருக்கின்றன. மிக நுண்ணிய துண்டங்களைத் தேன் மெழுகில் பதிய வைப்பதன் மூலம் பெற முடியாது. எனவே, அதற்கு பதிலாகக் கடினமான பொருட்களான அக்ரிலிக்மானமர்கள் (acrylic monomers) அல்லது எபாக்சி மரப் பால்கள் (eboxy resins) போன்றவை உபயோகிக்கப்படுகின்றன.

## நிறமிடுதல்
## (Staining)

செல்களின் தன்மைகளைப் புரிந்து கொள்ள நிறமிடும் செயல்கள் மிகவும் உதவியாக உள்ளன. செல் வேதியியல் துறையில் பயன்படுபவை உப்புமூலச் சாயங்களும் (Basic dyes), அமிலச் சாயங்களும் (Acidic dyes) ஆகும். இந்தச் சாயங்கள் ஒவ்வொன்றும் இரண்டு வகையான வேதியியல் பொருட்களைக் கொண்டிருக்

கும். இவற்றில் ஒன்று நிறத்தைக் கொடுக்கப் பயன்படும்; இது நிறத்துகள் (Chromophore) என அழைக்கப்படுகிறது. மற்றொன்று திசுவின் ஏதாவதொரு பகுதியுடன் இணைந்து கொள்ள வல்லது; இது ஆக்சோகுரோமிக் குழு (Auxochromic group) எனப்படும். மிக அதிக அளவில் காணப்படும் நிறத்துகள், அரோமாடிக்கூட்டுப் பொருட்களான (Aromatic compounds), அபூரித (Unsaturated), கார்பாக்சைல் (Carboxyl), சல்ஃபானிக் (Sulfonic), ஆசோ (Azo), நைட்ரோ (Nitro), குவினொய்டு (Quinoid), எதிலீன் (Ethylene) குழுக்களாகும். பொதுவாக வழக்கத்திலுள்ள சாயங்கள் அட்டவணையில் தரப்பட்டுள்ளன.

**அட்டவணை**

| அமிலச் சாயங்கள் | உப்பு மூலச் சாயங்கள் |
|---|---|
| அமில ப்யூஷின் [Acid fuchsin] | அக்ரிடின் சிவப்பு [Acridine red] |
| அலி சரைன் [Alizarin] | அனிலின் ஊதா [Aniline blue] |
| பிஸ்மார்க் பழுப்பு [Bismarck brown) | உப்பு மூலஃப்யூஷின் [Basic fuchsin] |
| காங்கோ சிவப்பு [Congo red] | கிரிஸ்டல் வயலட் [Crystal violet] |
| இயோசின் y [Eosin y] | கார்மைன் [Carmine] |
| எரித்ரோசின் [Erythrosin] | சாஃப்பிரானின் [Safranine] |
| ஃப்ளூரசின் [Fluorescein] | மெதிலீன் ஊதா [Methylene blue] |
| ஜேனஸ் பச்சை [Janus green] | பைரோனின் [Pyronine] |
| ஆரஞ்சு ஜி [Orange G] | மேலச்சைட் பச்சை [Malachite green] |
| ஃப்ளோக்சின் [Phloxin] | வெளிர் பச்சை [Light green] |
| பிக்ரிக் அமிலம் [Picric acid] | மெதைல் பச்சை [Methy green] |
| ரோஸ் பெங்கால் [Rose Bengal] | தையோனின் [Thionine] |

திசுக்கள் நிறங்களைப் பெறுவதற்குச் சிறப்பாக புரதங்கள், உட்கரு அமிலங்கள், பாலிசாக்கரைடுகள் (Poly saccharides), பாஸ்ஃபோ லிபிட்கள் (Phospholipids) ஆகியவை காரணமாகும். புரதங்கள் கார்பாக்சைல், அமினோ குழுக்கள், (amino groups) ஆகிய இரண்டையும் பெற்றிருப்பதால் இருவகைத் தன்மையுள்ளவை (Amphotoeric) எனக் கருதப்படும். எனவே இவை அமிலம் அல்லது உப்பு மூலமாகப் பிரிவு படக் கூடியவை. ஒரு பொருள், அயானுக்கப்படுகையில் (Ionization) இருக்கக் கூடிய அதன் PH அளவையை, ஒத்த எலெக்ட்ரிக் புள்ளி (Iso electric

point) என அழைக்கிறார்கள். ஒத்த எலெக்ட்ரிக் புள்ளிக்குக் கீழே அதன் PH இருக்கும் போது, உப்பு மூலக் குழுக்கள் அயான்களாக்கப் படுகின்றன. எனவே இந்த நிலையில் அமிலத் தன்மையுள்ள சாயங்களுடன் செயல்படத் தயாராயிருக்கின்றன. உட்கரு அமிலங்கள் பாஸ்ஃபாரிக் அமிலக் குழுக்களிலிருந்து (Phosphoric acid groups) பிரிவுபடுவதால், மிகக் குறைந்த அளவே ஒத்த எலெக்ட்ரிக் புள்ளிகளைப் பெற்றிருக்கும். இதனால் அவை மிகக் குறைந்த PH ஆக இருக்கும்போது, உப்பு மூலச் சாயங்களுடன் சேர்ந்து மிக அதிக அளவில் நிறம் பெறுகின்றன.

நிறமிடும் செயல்களில் கையாளப்படும் இன்னுமொரு முறை, மிக்கப் பயன் தரத்தக்கதாக இருக்கிறது. இது மெட்டா குரோமேசியா (Meta chromasia) எனப்படும். இம்முறையில் சில திசுக்களை நிறமிடுவதற்காகப் பல்வேறு வகையான சாயங்கள் உபயோகிக்கப்படுகின்றன. இவை திசுக்களின் பகுதிப் பொருட்களை விதவிதமாக நிறமிடுகின்றன. இத்தகைய சாயத்துக்கு எடுத்துக் காட்டாக, தொலுடின் ஊதா (Toluidine blue)வைக் குறிப்பிடலாம். இதை நீர் நிலையில் பயன் படுத்தும்போது உட்கருவை நீல நிறமாகவும், குருத்தெலும்பின் இடையூட்டுப் பொருள் கோழை போன்றவற்றைச் சிவப்பாகவும் நிறமிடும். மெட்டாக் குரோமேசியா முறையின் நுணுக்கமான உட்கருத்து இன்னும் சரியாக அறியப்படவில்லை.

## புரோட்டோப்பிளாசம்
## (Protoplasm)

புரோட்டோப்பிளாசம் என்ற பெயர், வாழ்வின் அலுவல்களுடன் தொடர்பு கொண்டுள்ள பொருளைக் குறிக்கிறது. இப்பொருள் நன்கு உருவாக்கப்பட்டு, தன்னைத் தானே நிலை நிறுத்திக் கொள்ளும் இயல்பினைப் பெற்றுள்ளது. இவ்வின்றியமையாத பொருளுக்கு புரோட்டோப்பிளாசம் என்ற பெயரை வான் மோஹல் (Von Mohl, *1839*) என்பவர் சூட்டினார். விரிவான ஆய்வுகளுக்குப்பின்னர், இப்பொருள் தாவர விலங்கு செல்களில் ஒரே மாதிரியாக இருப்பதை உணர முடிந்தது. இவ்வாய்வுகள், 'புரோட்டோப்பிளாசக் கொள்கையை' ஹெர்ட்விக் உருவாக்கு (Hertwig, *1892*) வதற்குக் காரணமாக அமைந்தன. இக் கொள்கையின்படி ஒரு செல் சவ்வால் சூழப்பட்டு, ஓர் உட்கருவைக் கொண்ட பொருளே புரோட்டோப்பிளாசம் என்பதாகும். **எல்லா வாழ்வில் அலுவல்களுக்கும் புரோட்டோப்பிளாசம் நிலைக்** களமாக விளங்குவதால், தாமஸ் ஹக்ஸ்லி (Thomas Huxley, *1868*)

என்பவர் இதனை உயிரின் பௌதிக அடிப்படை (Physical basis of life) என்று வருணித்தார்.

## புரோட்டோப்பிளாசத்தின் பௌதிக-வேதியியல் பண்புகள்

சமீபகாலத்தில் பல்வகையான செல்லியல் சாதனங்கள் கண்டு பிடிக்கப்பட்டுள்ளன. இவற்றைப் பயன் படுத்தியதன் விளைவாக, புரோட்டோப்பிளாசம் பற்றிய கருத்துக்கள் பெருத்த மாற்றங்கள் அடைந்துள்ளன. புரோட்டோப்பிளாசத்தின் அமைப்பு, அதன் வேதியியல் பண்புகள் ஆகியவற்றுக்கிடையே உள்ள இடைவெளி இப்போது வெகுவாகக் குறைந்து விட்டது எனலாம். இப்போது புரோட்டோப்பிளாசத்தின் நுட்பமான, மூலக் கூறு அளவிலான பல விவரங்கள் கிடைத்துள்ளன.

முன்காலத்தில் புரோட்டோப்பிளாசத்தின் அமைப்பை விளக்குவதற்காகப் பல கொள்கைகள் உருவாக்கப்பட்டுள்ளன. அவையாவன; 1. நார்க்கொள்கை (Fibrillar theory) 2. வலைக் கொள்கை (Reticular theory), 3. துகள் கொள்கை (Granular theory) 4. குமிழிக்கொள்கை (Alveolar theory),

### நார்க்கொள்கை (Fibrillar theory)

இக்கொள்கையை ஃபிளெமிங் (Flemming, 1822) என்பவர் வகுத்துத்தந்தார். இக்கொள்கையின்படி புரோட்டோப்பிளாசம் திரவத்தாலான ஓர் அடிப்படைப் பொருளைக் கொண்டிருக்கிறது. இது ஹயலோப்பிளாசம் (Hyaloplasm) எனப்படும். இத்திரவத்தில் பல நுண்ணிய நார்கள் மூழ்கவைக்கப்பட்டுள்ளன.

### வலைக்கொள்கை (Reticular theory)

இக்கொள்கைக்கு வித்தூன்றியவர் வான் பெனடின் (Van Beneden-1883) என்பவராவார். இக்கொள்கையின்படி, புரோட்டோப்பிளாசம் ஒரு சிக்கலான பின்னல் வலையைக் கொண்டிருக்கிறது. இந்நார்களுக்கு இடையே ஒரு மெல்லிய திரவம் காணப்படுகிறது.

### துகள் கொள்கை (Granular theory)

இந்தக் கொள்கையை ஆல்ட்மன் (Altmann, 1892) என்பவர் ஆக்கித்தந்தார். இவர் கருத்துப்படி புரோட்டோப்பிளாசம் ஒரு மெல்லிய திரவத்தைக் கொண்டுள்ளது. அதன் மேற்பரப்பில் ஏராளமான துகள்கள் மிதந்து கொண்டுள்ளன.

## குமிழிக் கொள்கை (Alveolar theory)

இதனை வெளியிட்டவர் புட்ஸ்லி (Butschli, 1892) என்பவராவார். அவர் புரோட்டோப்பிளாசம் இரு வேறு அடர்த்தியுள்ள திரவங்களின் கலவை என்று கருதினர். அடர்த்தி குறைவான திரவம், அடர்த்தி மிகுந்த திரவத்தின் மீது மிதப்பதால், சிறு குமிழிகள் போன்ற அமைப்புகள் உண்டாகின்றன.

மேற்குறிப்பிட்ட கொள்கைகள் அனைத்தும் வெறும் வரலாற்று முக்கியத்துவம் உடையவை. பல்வேறு காலங்களில் வெவ்வேறு காணும் திறனுள்ள நுண்ணோக்கிகளில் புரோட்டோப்பிளாசம் தோற்றமளிக்கும் வகைகளையே இவை விவரிக்கின்றன. இக் காலத்தில் புரோட்டோப்பிளாசம் விநாடிக்கு விநாடி மாறக்கூடிய செயல் திறனுள்ள பொருளாகக் கருதப்படுகிறது.

உயிருள்ள நிலையில் நிறமற்ற, பாகுநிலையிலுள்ள பொருளாக, புரோட்டோப்பிளாசம் காணப்படுகிறது. இதன் பாகுநிலை மெல்லிய திரவ நிலையிலிருந்து கெட்டியான திடப் பொருள்வரை வேறு பட்டுக் காணப்படுகிறது. இதனுடைய ஒப்படர்த்தி 1.02 - 1.07 வரை உள்ளது. இதில் ஏராளமான துகள்கள் ஒழுங்கற்ற முறையில் ஆங்காங்கே ஓடிக் கொண்டிருக்கக் காணலாம். இத்தகைய அசைவு பிரவுனியன் அசைவு (Brownian movement) எனப்படுகிறது. எனவே புரோட்டோப்பிளாசத்தை திரவப் பொருளென்றோ, திடப் பொருள் என்றோ, படிகத் தன்மையுள்ளதன்றோ கொள்ளமுடியாது. உண்மையில் இது ஒரு திரவ ஊடகத்தில் பல படிகப்பொருட்களையும், கொல்லாய்டுகளையும் கொண்ட அமைப்பாகத் தோன்றுகிறது. கரையும் திறன், ஊடுருவும் திறன், ஆகியவற்றை அடிப்படையாகக் கொண்டு, தாமஸ்கிரஹாம் (Thomas Graham, 1861) என்பவர் பொருட்களை படிகப்பொருட்கள், கொல்லாய்டுபொருட்கள் என இரு வகைப் படுத்தினர். திரவங்களில் கரைந்து, சவ்வுகளில் ஊடுருவிச் சென்று பின்னர் படிகமாக்கப்படும் பொருட்களை படிகப் பொருட்கள் (Crystalloids) என அவர் அழைத்தார். ஊடுருவிச் செல்லவோ, படிகமாக்கப் படவோ இயலாத பொருட்களை கொல்லாய்டுகள் என்று அவர் வழங்கினர். இக் காலத்தில் இவ் வரைமுறைகளில் சில மாற்றங்கள் ஏற்பட்டுள்ளன. கரைசல் வீழ்படிவு, ஆகியவற்றுக்கு இடையான பண்புகளைக் கொண்டு, ஒன்றிலிருந்து மற்றொன்றுக்கு விரவியிருக்கின்ற பொருளை கொல்லாய்டு என்று அழைக்கிறோம். ஒரு கொல்லாய்டுபொருள் இரண்டு வகையான பகுதிகளைக் கொண்டிருக்கிறது. அவை விரவும் பொருள், விரவுதலுக்கான ஊடகம் ஆகியவையாகும். கொல்

லாய்டு துகளின் அளவு 1 மில்லி மைக்ரானிலிருந்து 500 மில்லி மைக்ரான் வரை இருக்கும். புரோட்டோப்பிளாசத்தின் விரவும் துகள்கள் புரதம், மாவுப்பொருள், கொழுப்பு ஆகிய வகைகளாகவும், விரவும் திரவம் நீராகவும் அமைந்துள்ளன. இத்தகைய மூலக்கூறுகள் தனித்தனியாகவும், கூட்டங்களாகவும் அமைந்து இருப்பதால், புரோட்டோப் பிளாசம் பலநிலைக் கொண்ட (Polyphasic) கொல்லாய்டு கரைசலாகக் கருதப்படுகிறது. சூடு படுத்தும் போது புரோட்டோப்பிளாசம் உறைந்து விடுகிறது. திரவ நிலையிலிருக்கும் போது இது 'சால்' எனவும், திடப்பொருளாகத் தோன்றும் போது 'ஜெல்' என்றும் அழைக்கப்படுகிறது. ஒரு நிலையிலிருந்து மற்ெருரு நிலைக்கு இதனுல் எளிதில் மாற இயலும். புரோட்டோப்பிளாசத்துக்கு உணர்ச்சிக்கு உட்படுதல் கடத்துதல், சுருங்கி விரிதல் ஆகிய பண்புகள் உண்டு.

## தொடர்ந்து படிக்க


1. Willmer, E.N., Cells and Tissues in culture, Methods Biology and Physiology, Vols 1, 2 and 3 Academic Press, New York 1966.
2. Chamot, E.M., and Mason, Hand book of Chemical, Microscopy Vol I, John Wiley, New York 1958.
3. Barer, P.. In Cytology and cell physiology, Academic Press, New York, 1964.
4. Price, G.R., and Schwartz, S., In 'Physical Techniques in Biological Research', Academic Press, New York 1956.
5. Parker, R.C., Methods of Tissue culture, Harper (Hoeber), New York 1961.
6. Paul, J., Cell and Tissue culture, Williams and Wilkins, Baltimore, Maryland 1965.
7. Watson, J.D., Molecular Biology of the Gene, Benjamin, New York 1965.
8. Barer, R., Analytical cytology, Mc Graw Hill, New York 1959.
9. Bennett, H.S., In 'Microscopical Technique', Hoeber, New York 1950.
10. Boyd, J.D., Johnson, F.R., and Lever, J.D., Electron Microscopy in Anatomy Arnold, London.

11. Brachet, J., and Mirsky, A.E. "The cell", Academic Press New York 1961.

12. Coons, A.H., In 'General Cytochemical Methods', Vol I, Academic Press, New York 1958.

13. Frey-Wyssling, A., 'Submicroscopic Morphology of Protoplasm' Elsevier, Amsterdam, Netherlands. 1953.

14. Gibbons and Bradfield, In -Electron Microscopy';Academic Press, 'New York 1957.

15. Glauret, A.M., In 'Techniques for Electron Microrscopy' Blackwell, oxford, England 1961.

16. Hale, A.J., 'The Interference Microscope', Livingstone, London 1958.

17. Hallimond, A.F., ,The Polarizing Microscope' Cooke, Troughton and Simms, York, England. 1953.

18. Pallay, S.L., 'Frontiers in Cytology' Yale Univ. Press, New Haven, Connecticut. 1958.

19. Pease, D.C., 'Histological Techniques for Electron Microscopy' Academic Press, New York 1960.

20. Picken, L., 'Organisation of cells, oxford Univ. Press, London 1960.

21. Zworykin, V.K., Hatke, F.L., and Berkly, C., In 'Medical physics', Year Book, Chicago, Illinois.

# 2. செல்லின் அமைப்பு

## (Structure of the cell)

செல் என்னும் சொல்லை உயிர்நூல் இலக்கியத்தில் முதன் முறையாகப் புகுத்தியவர் இராபர்ட் ஹுக் (Robert Hooke), ஆவார். ஆயினும், செல்லே ஓர் உயிரியின் அமைப்பு, வேலை ஆகிய வற்றுக்கான அடிப்படை அலகு என்ற உண்மையை செல் கொள்கை எடுத்துக் காட்டியது. இக்கொள்கையினை உருவாக்கித் தந்தவர்கள் ஷ்லீடன் (Schleiden), ஷ்வான் (Schwann), ஆகியோர் ஆவர். இக்கால அறிவுக்கொப்ப, செல்லைக் கீழ்க்கண்டவாறு வரையறுக்கலாம்: ''செல் என்பது தேர்வுமுறை ஊடுருவலை ஏற்படுத்தும் (Selectively Permeable), ஒரு சவ்வினால் சூழப்பட்ட, மற்ற உயிர் மண்டலங்கள் இல்லாத ஊடகத்தில் (Medium), தன் இனப் பெருக்கம் செய்யக் கூடிய உயிரியல் செயலின் அலகு ஆகும்.''

செல் எந்த அளவு தனித் தன்மையையும், தனித்து வாழும் ஆற்றலையும் பெற்றிருக்கிறது என்பதை ஷ்லீடன், ஷ்வான் ஆகி யோரே நன்கு புரிந்துகொள்ளவில்லை. சமீபகாலத்தில் தான், இதுபோன்ற விவரங்கள் நன்கு தெளிவாக்கப் பட்டிருக்கின்றன. ஒரு செல் உயிரிகளான தொல்லுயிரி (Protozoa-புரோட்டோ சோவா) களும், கல்லீரல் செல்களும் ஒரே மாதிரியாக மரபியல் பொருட்களைப் பிரித்தனுப்புகின்றன; ஒரே மாதிரியாக புரதச் சேர்க்கை (Protein synthesis) செய்கின்றன. ஒரே மாதிரியாகப் பொருட்களைப் பரிமாறிக் கொள்கின்றன. இருந்த போதிலும், அவை குறிப்பிட்ட வேலைகளைச் செய்வதற்கான பல சிறப்பியல்பு களைக்கொண்டு விளங்குகின்றன. ஒரு பொதுவான செல்லின் அமைப்பைக் காண்பதற்கு முன்னர், அவைகளுக்கிடையில் காணப் படும் பெரும் வேற்றுமைகளை இங்கு ஆராய்வோம்.

பெரும் வளர்ச்சி கண்டுள்ள எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியியல், செல் இரண்டு அடிப்படைத் திட்டங்களைக் கொண்டிருப்பதைத்

தெளிவாக்கியிருக்கிறது. ஒன்று, எளிமையான அமைப்பு கொண்ட தொல் உட்கரு நிலை (Prokaryotic Condition), மற்றொன்று சிக்கலான அமைப்பு கொண்ட வளர் உட்கரு நிலை (Eukaryotic Condition) ஆகும். இவ்விரண்டுக்கு மிடையிலுள்ள இடைநிலை, மிக நீண்ட தொடர்பற்ற ஒன்றாக இருக்கிறது.

பாக்டீரியாக்கள், ஊதா-பச்சை ஆல்காக்கள் (Blue green algae)போன்ற நுண்ணிய செல்கள், தொல் உட்கரு நிலையில் இருப்பவை. அவற்றின் அளவு $0 \cdot 5—3\mu$ எனக் கணக்கிடப்பட்டுள்ளது. அவற்றுக்கு வரம்பாக செல் சவ்வு அமையவில்லை. மேலும் மைட்டோக் காண்டிரியா, கோல்கைப் பொருள், லைசோசோம், குளோரோபிளாஸ்ட் ஆகிய சவ்வினால் ஆன நுண்ணுறுப்புகள் அவற்றில் கிடையாது. தொல் உட்கரு நிலை உயிரிகளுக்கு மரபியல் சேதிகள், இரட்டை டி என் ஏ (DNA) இழைகளைக் கொண்ட ஒரு குரோமோசோமில் அமைக்கப்பட்டுள்ளன. வளர் உட்கரு உயிரிகளில் காண்கின்ற ஹிஸ்டோன்கள் (Histones) எனப்படும். உப்பு மூலப் புரதம் (Basic protein) இவற்றின் குரோமோசோம்களில் இல்லை. எதிர் முகப் பகுப்புச் சாதனங்களோ, உட்கரு மணியோ இவைகளின் உட்கருவில் காணப்படுவதில்லை. இவைகளின் பாதுகாப்புக்காக, மாவுப்பொருள், அமினோ அமிலம் ஆகியவற்றாலான ஒரு தடித்த செல் சுவர் அமைந்திருக்கும். செல் சுவரின் கீழே, ஒரு மெல்லிய பிளாஸ்மா சவ்வு இருக்கும். பெரும்பான்மையானவற்றில், இது செல்களின் உள்ளே புகுந்து சிக்கலான மீசோசோம்கள் (Mesosomes) என்னும் அமைப்புகளை உண்டாக்கும். சைட்டோபிளாசத்தின் பாய்வுப்போக்கு அசைவையோ, (Streaming movement), அமீபா அசைவையோ (Amoeboid movement) இவை உண்டாக்குவதில்லை. இவைகளின் இடப்பெயர்ச்சி (Locomotion), சில எளிமையான கசை இழைகளால் நடைபெறும். இவை உயர்ந்த விலங்குகளின் கசை இழைகளைப் போன்று சிக்கலான அமைப்பைப் பெறவில்லை.

தொல் உட்கரு நிலை உயிரிகள் எங்கும் நிரவி வாழக்கூடியவை. விரைவில் வளரும் தன்மையையும், குறைந்த காலத்தில் இனப்பெருக்கம் செய்யும் ஆற்றலையும் பெற்றிருப்பவை. அவற்றின் மாறும் தன்மையுள்ள வேதியல் அமைப்பும், உறுதியில்லாத மரபியல் அமைப்பும் விந்தையூட்டுபவை. சமீப காலத்தில், பல ஆய்வு உயிரியல் வல்லுநர் (experimental biologists), இப்பண்புகளைத் தங்கள் ஆய்வுகளுக்குப் பயன்படுத்தி, பல அரிய உண்மைகளைக் கண்டிருக்கிறார்கள்.

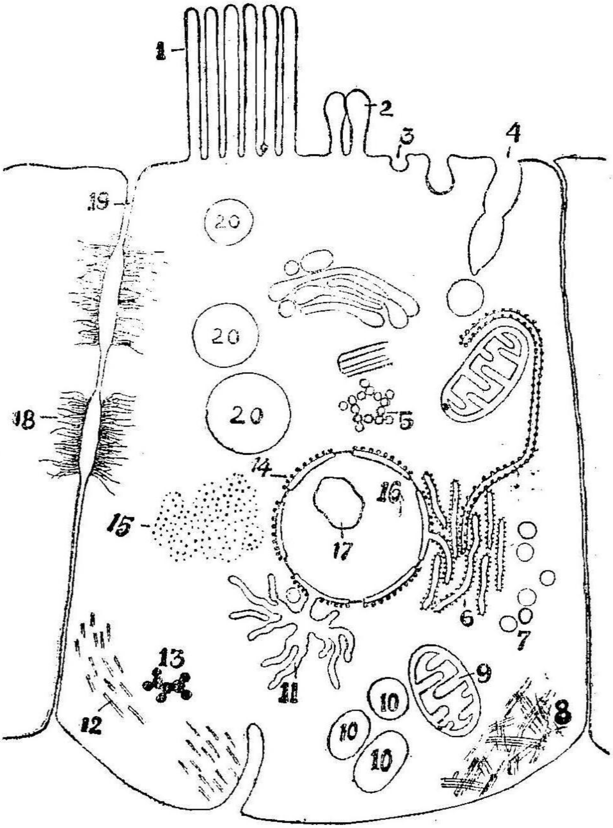
வளர் உட்கரு நிலை ஆல்காக்கள், காளான்கள் (Fungi), தொல்லுயிரிகள், மற்றுமுள்ள விலங்குகள், தாவரங்கள் ஆகியவற்றின் செல்களில் அமைந்துள்ளது. இவை நன்கு வளர்ந்த உள் சவ்வு மண்டலங்களைப் பெற்றுள்ளன. இவற்றிலடங்கியவை, உள் தாதுவலை, கோல்கைப்பொருள், உட்கரு, மைட்டோ காண்டிரியா, குளோரோபிளாஸ்ட், லைசோசோம் ஆகியவை ஆகும். இவற்றின் சைட்டோ பிளாசம் உள் அசைவை உண்டாக்க வல்லது. மேலும் இவை எதிர்முகப் பகுப்பு நார்கள், பல நுண் இழைகளைக் கொண்ட கசை இழைகள் போன்றவைகளைக் கொண்டிருக்கும். இவற்றின் உட்கரு, உட்கரு மணியையும் டி என் ஏ, ஹிஸ்டோன் ஆகியவற்றாலான பல குரோமோசோம்களையும் கொண்டிருக்கும்.

வளர்உட்கருநிலைச்செல்கள், தொல் உட்கருநிலைச் செல்களின் பணிகள் அனைத்தையும் செய்ய வல்லவை. அவற்றைத் தவிர, வளர்ச்சி பெற்ற உயிரிகளின் துணை அங்கங்களாகக் கூட்டு வாழ்க்கைக்குத் தங்களை அமைத்துக் கொள்கின்றன.

விலங்கு செல்களில் பிளாஸ்மா சவ்வைச் சூழ்ந்து ஒரு தடித்த சுவர் இருப்பதில்லை. அவைகளின் எதிர் முகப்பகுப்பு சாதனங்களில் (Mitotic apparatus) மையப்பொருளும் அடங்கியிருக்கும். செல்லை ஒடுக்குவதன் மூலம் அவைகளில் பகுப்பு நிகழ்கிறது. அவற்றில் குளோரோ பிளாட் இல்லாமையால், உணவுக்குத் தாவரங்களை நம்பி வாழ்கின்றன. விலங்கு செல்கள் அசையும் திறனும், உணவுப் பொருட்களை விழுங்கிச் செரிக்கும் ஆற்றலும் பெற்றவை.

தாவர செல்களுக்கு பாலிசாக்கரைடால் (Polysaccharide) தடித்த சுவருண்டு. அதை ஒட்டி, பல குமிழிகளைக் கொண்ட சைட்டோபிளாசத்தின் ஒரு மெல்லிய படிவு காணப்படும். எதிர் மறைப் பகுப்பு சாதனம் ஒரு கதிர் அமைப்பைக் (Spindle figure) கொண்டிருக்கும். ஆயினும் வளர்ச்சி பெற்ற தாவரங்கள், மையப் பொருளைப் பெற்றிருப்பதில்லை. எனவே, அவற்றில் இரு சேய்ச் செல்களையும் பிரிக்க ஒரு மெல்லிய தகடு தோன்றுகிறது. பெரும்பாலான தாவர செல்களில், குளோரோபிளாஸ்ட் காணப்படுகிறது. இதைப் பயன்படுத்தி ஒளிச் சக்தியை வேதியல் சக்தியாக மாற்ற இயலுகிறது.

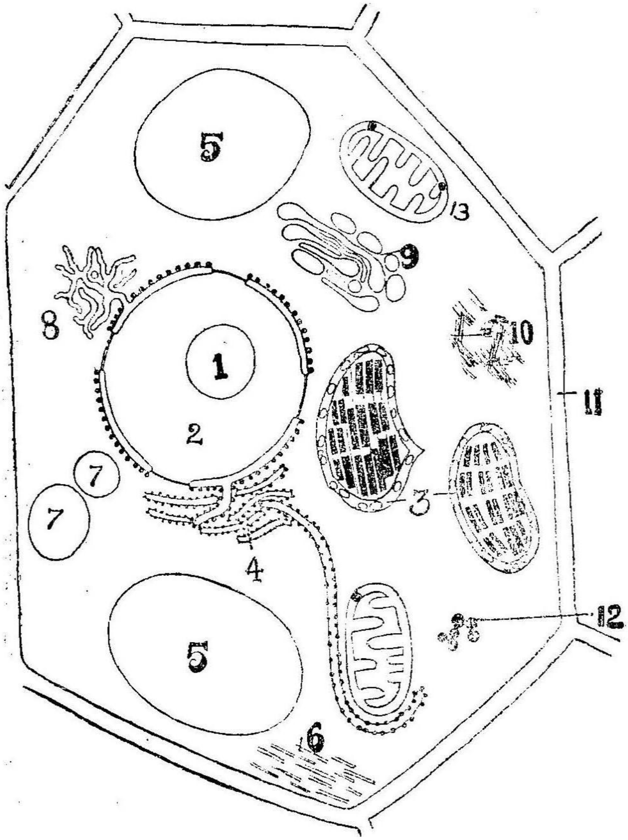
மேற்கூறிய விலங்கு செல்களும், தாவர செல்களும் பல்வேறு வேலைகளுக்குத் தங்களை ஈடுபடுத்திக் கொள்வதற்காக, பல உருவ



படம் 6

ஒரு பொதுவான விலங்கு செல்லின் நுண் அமைப்பு

1. நுண் உறிஞ்சிகள்;
2. செல் குடித்தலின் நீட்சிகள்;
3. செல் குடித்தல் குமிழி;
4. செல் குடித்தல் கால்வாய்;
5. மையத்துகள்;
6. கடின உள்தாதுவலை (துகள்கொண்ட)
7. கிளை கோஜன் துகள்கள்;
8. நாரிழைகள்
9. மைட்டோக்காண்டிரியான்;
10. லைசோசோம்கள் ;
11. மென்தாதுவலை (துகளற்ற)
12. நுண் குழாய்கள்
13. கொழுப்புத் துகள்கள்;
14. உட்கருச் சவ்வு;
15. ரிபோசோம்கள்;
16. உட்கரு;
17. உட்கரு மணி
18. டெஸ்கோசோம்
19. நெருக்கமான சந்திப்பு;
20. குமிழிகள்

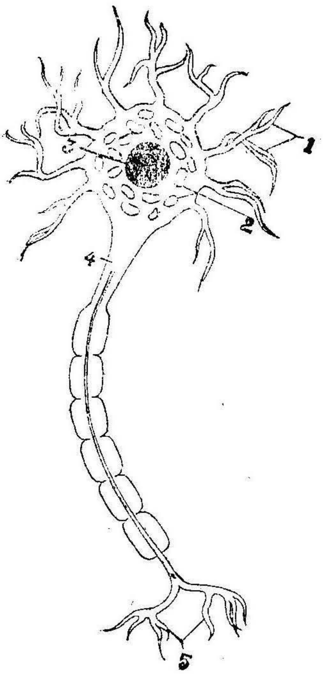



படம் 7

ஒரு பொதுவான தாவர செல்லின் அமைப்பு

1. உட்கரு மணி
2. உட்கரு
3. குளோரோபிளாஸ்ட்
4. கடின உள்தாதுவலை (துகள் கொண்ட)
5. பெரும் குமிழி
6. நுண் குழாய்கள்
7. சிறு குமிழிகள்
8. மென் உள்தாதுவலை (துகளற்ற)
9. கோல்கைப் பொருள்
10. நாரிழைகள்
11. செல்சுவர்
12. கொழுப்புத்துகள்கள்
13. மைட்டோக் காண்டிரியான்

மாற்றங்களைப் பெறுகின்றன. ஒரு பாலூட்டியின் உடலை ஆராய்ந்தால், அதில் பல வகையான செல்களைக் காணலாம். பல




படம் 8

நரம்புச் செல்

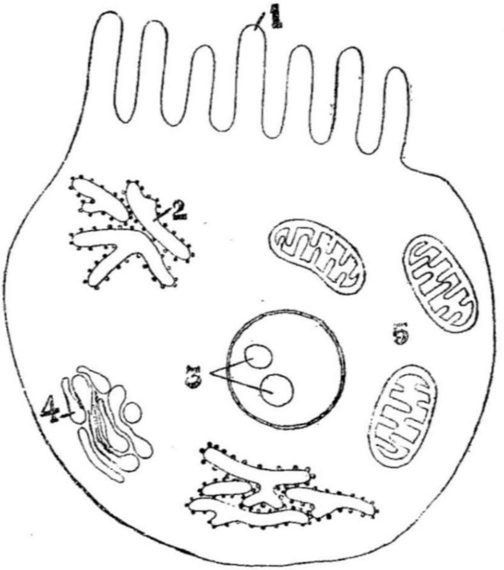
1. டெண்ட்ரைட்கள்
2. மைட்டோக் காண்டிரியா
3. உட்கரு
4. ஆக்சான்
5. நுனி நார்கள்.

கிளைகளைக் கொண்ட நரம்பு செல்கள், சுரக்கும் தன்மையுள்ள கல்லீரல் செல்கள், நீண்டு இழை போன்று காணப்படும் தசை செல்கள், சவ்வூடு பரவலுக்கு வகை செய்யும் நீரக செல்கள், தொல்லுயிரி (Protozoa) போன்று நீந்தி அசையக் கூடிய விந்து செல்கள் ஆகியவை அவற்றில் சிலவாகும். தாவர செல்களும் அமைப்பு, வேலை ஆகியவற்றில் பல வேறுபாடுகளைக் கொண்டு இருக்கின்றன. எடுத்துக் காட்டாக, உணவு கடத்தக்கூடிய சல்லடைக்குழாய்கள் (Sieve tubes), உறிஞ்சும் தன்மையுள்ள வேர்த் தூவிகள் (Root hairs) ஆகியவற்றைக் குறிப்பிடலாம்.

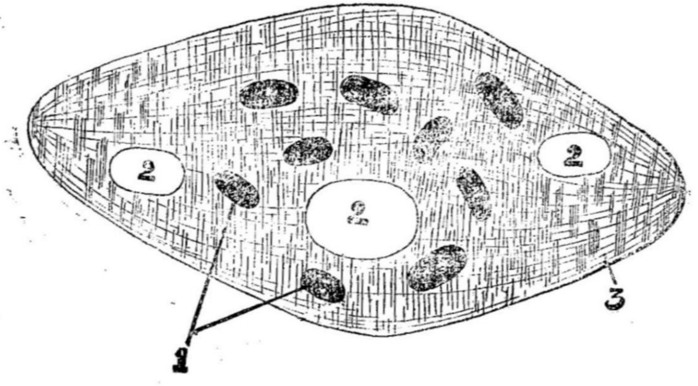
## செல்லின் அளவும் வடிவமும்

## (Cell Size and Shape)

உயிர் மண்டலங்களை ஆராயும் போது, அவற்றின் அளவைக் கருத்தில் கொள்ளுவது இன்றியமையாததாகும். தாம்ஸன் (Thompson) என்ற ஆங்கிலேய உயிர் நூல் வல்லுநர் இக் கருத்தை வலியுறுத்தி ஒரு நூல் வெளியிட்டுள்ளார். உயிருள்ள செல்களில் மிக நுண்ணியவை பாக்டீரியாக்களாகும். டயலிஸ்டர் (Dialister) என்ற பாக்டீரியா $0{\cdot}4 \times 0.5 \times 1{\cdot}0\,\mu$ என்ற நுண்ணிய அளவைக் கொண்டிருக்கும். அதில் 75 விழுக்காடு நீர் உள்ளது என வைத்துக் கொண்டால், அதன் உலர் எடை (dry weight) $2{\cdot}8 \times 10$—$14$ கிராம்கள் ஆகும். இவைகளை ஆராயும் போது, செல்கள் எவ்வளவு நுண்மை ஆக்கப்பட்டுள்ளன என்ற விவரம் புலப்படுகிறது. ஒவ்வொரு மனித விந்தணுவிலும், ஒரு முழு மனிதனை ஆக்குவதற்கான மரபியல் நிர்ணயிப்பிகளில் (Genetical determinants) பாதி அடங்கியிருக்கின்றன.




படம் 9
கல்லீரல் செல்
1. நுண் உறிஞ்சிகள்; 2. உள்தாது வலை; 3. உட்கரு மணிகள்; 4. கோல்கைப்பொருள்; 5. மைட்டோக்காண்டிரியா.

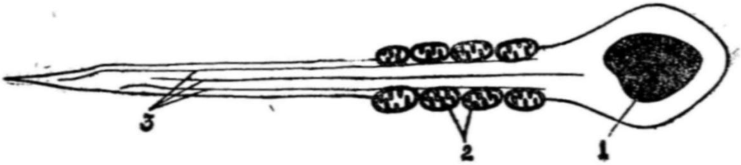



படம் 10
**வரித்தசைச் செல்**
**1. மைட்டோக்காண்டிரியா; 2. உட்கருக்கள்;** 3. நார்கள்.

## அட்டவணை

### செல்களின் அளவு பற்றிய ஒரு கண்ணோட்டம்

| | உயிரி அல்லது செல் | எடை (கிராம்களில்) |
|---|---|---|
| 1. | தவளையின் முட்டை | $10^{-2}$-$10^{-3}$ |
| 2. | மனிதனின் வரித்தசை (Striped muscle) | $10^{-4}$ |
| 3. | மனித முட்டை | $10^{-5}$ |
| 4. | பெரிய பாரமீசியம் (Paramecium) | $10^{-6}$ |
| 5. | நடுத்தரமான வர்ட்டிசெல்லா (Vorticella) | $10^{-7}$ |
| 6. | மனிதனின் கல்லீரல் செல் | $10^{-7}$ |
| 7. | சீதபேதி அமீபா (Dysentery amoeba) | $10^{-8}$ |
| 8. | தவளையின் சிவப்பணு | $10^{-9}$ |
| 9. | மலேரியா ஒட்டுண்ணி | $10^{-9}$ |
| 10. | மனித விந்தணு | $10^{-9}$ |
| 11. | ஆந்த்ராக்ஸ் பாசில்லஸ் (Anthrax bacillus) | $10^{-1}$[illegible] |
| 12. | மிகச்சிறிய பாக்டீரியா | $10^{-1}$[illegible] |
| 13. | வடிகட்டியில் நுழையும் வைரஸ்கள் (Filter passing viruses) | $10^{-1}$[illegible] |
| 14. | மைக்கோ பிளாஸ்மா (Mycoplasma) | $10^{-1}$[illegible] |
| 15. | இராட்சத பல்லிகளின் முட்டைகள் (Dinosaur eggs) | $10^{3}-10^{2}$ |
| 16. | நெருப்புக் கோழி முட்டைகள் (Ostrich eggs) | $10^{3}-10$[illegible] |

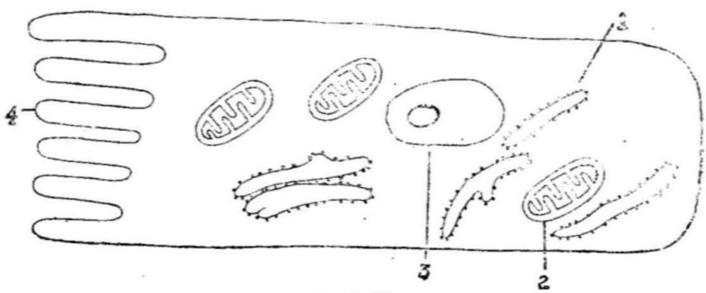



படம் 11

விந்தணு

1. உட்கரு; 2. மைட்டோக்காண்டிரியா; 3. வால் பகுதி இழைகள்.

அளவில் பெரிதாக இருக்கும் செல்கள், கருவின் வளர்ச்சிக்குத் தேவையான உணவுப் பொருள்களைக் கொண்டிருப்பதால், பருத்துக் காணப்படுகின்றன. எடுத்துக் காட்டாக, ஊர்வன, பறவைகள் ஆகியவற்றின் முட்டைகளைக் குறிப்பிடலாம். இருப்பினும், கருவளர்ச்சி துவங்கியவுடன் இவை சிறு சிறு செல்களாகப் பகுக்கப்பட்டு விடுகின்றன. செல்களின் அதிக பட்ச அளவை நிர்ணயிப்பதில், சில நுண்ணுறுப்புகளின் செய்கைகள் காரணமாயிருக்கின்றன. முதலாவதாக, உட்கருவுக்கும், செல்லின் எஞ்சிய பகுதிகளுக்குமிடையே உள்ள உறவைக் குறிப்பிடவேண்டும். உட்கரு, செல்லின் புரதச் சேர்க்கையை நிர்ணயிப்பதற்கான சில 'தூதுப் பொருட்களை' (Messengers) அனுப்புகிறது. ஓர் உட்கரு, ஓரளவு சைட்டோப் பிளாசத்தின் அளவைத்தான் கட்டுப் படுத்த முடியும். அதிக அளவு இருக்கும்போது, பல் உட்கரு நிலை (Multi nucleate condition) பயனளிக்கும். இரண்டாவதாக, மற்ற பகுதிகளுக்கிடையே உள்ள உறவுகளைக் கூற வேண்டும். செல் பெரியதாகும்போது, ஊடுருவுதலுக்கான சிக்கல்களும் அதிகரிக்கின்றன. பல உட்கரு பெற்ற நைட்டெல்லா (Nitella) பூஞ்சக்காளான் (Mucor) போன்றவற்றில் இச்சிக்கலைப் போக்குவதற்கு, சைட்டோப் பிளாசத்தின் பாய்வுப்போக்கு அசைவு உதவியாக உள்ளது. மூன்றாவதாக, செல்லுக்கும் அதன் சூழ்நிலைக்குமிடையேயுள்ள உறவு முக்கியமானதாகும். பிளாஸ்மா சவ்வு அதிக உட்கரு திறனற்ற ஓர் உறையாகும். செல் பெரியதாகும்போது, அதன் மேற்பரப்பு-கொள்ளளவு விகிதம் (Surface–Volume ratio) சிறியதாகிறது. எனவே, செல் பெரியதாவதால் அது சூழ்நிலையிலிருந்து பெரிதும் ஒதுக்கப்படுகிறது. இதைத் தவிர்ப்பதற்காக, பல்வேறு மாறுதல்கள் நிகழ்கின்றன. மிகப் பெரிய உள் பிதுக்கம் (Invaginations) அமைத்து, பரப்பளவை அதிகரிக்கச் செய்வது, இத்தகைய ஒரு சாதனமாகும்.




படம் 12
சிறுநீரக செல்
1. கடின (துகள் சொண்ட) உள்தாதுவலை; 2. மைட்டோக்காண்டிரியா; 3. உட்கரு; 4. நுண் உறிஞ்சிகள்.

இனி, செல்லில் காணப்படும் பல் வகையான அமைப்புகளை யும், அவைகளின் வேலைகளையும் ஆராய்வோம். விலங்கு செல், தாவர செல் ஆகியவற்றின் அமைப்புகளை, வெளியில் காணும் அதன் வரம்பில் துவங்கி, உள்ளே அமைந்துள்ள நுண்ணுறுப்புகள் வரை அறிவது பயனளிப்பதாகும்.

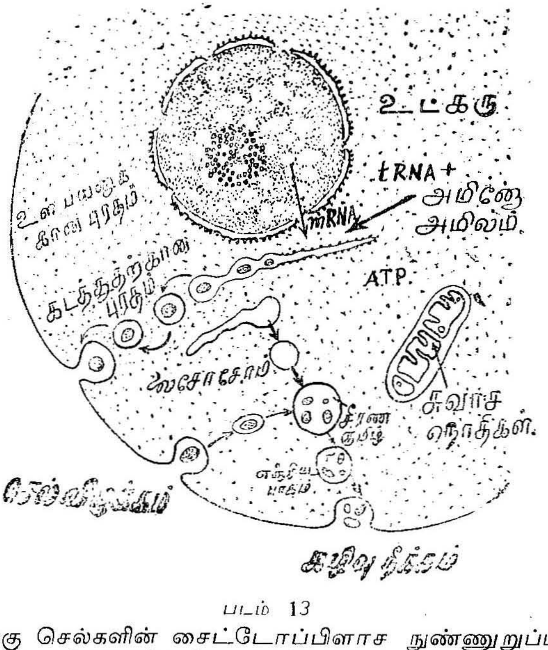
## சவ்வு மண்டலம்
## (The membrane system)

செல்லின் வரம்பாக அமைந்திருக்கும், திட்டமாக வரையறுக் கப்பட்ட உறை பிளாஸ்மா சவ்வு எனப்படுகிறது. இது ஊடு பரவும் செய்கையின்போது, மூலக் கூறுகள் செல்லின் உள்ளேயும் வெளியேயும் செல்வதைத் தேர்ந்து கட்டுப்படுத்துகிறது. எத்தகைய மூலக் கூறுகள் உள்ளே புக வேண்டும், எவை தடுத்து நிறுத்தப்பட வேண்டும் என்பதையும் இது தீர்மானிக்கிறது. மேலும் இது எந்த மூலக் கூறுகள் செல்லின் உள்ளேயே வைத்திருக்கப் படவேண்டும், எவை வெளியேறிச் செல்ல அனுமதிக்கப்படவேண்டும் என் பதையும் நிர்ணயிக்கிறது. இச்சவ்வு, இவ்வாறு பொருள்களின் கடத்துகையின்போது, ஒரு செயலற்ற தடையாக மட்டும் இருப் பதில்லை. அது இந்நிகழ்ச்சிகளுக்கான செயல் ஊக்கிகளைப் (Catalysts), பெற்றிருப்பதோடு, தேவைப்படும் சக்தியை அளிப் பதற்கான சாதனங்களையும் பெற்றிருக்கும். எலக்ட்ரான் நுண் ணோக்கியில் ஆராயும்போது, இச் சவ்வு ஓர் எளிமையான தோற்றத்தைக் கொண்டிருக்கிறது. அது 80-100 Å பருமனையும், மூன்று மெல்லிய அடுக்குகளையும் கொண்டிருக்கும். இந்த மூன்று அடுக்குகளும் வெவ்வேறு எலக்ட்ரான் அடர்த்தி (Electron density), கொண்டவை, நிறமிடுகையில், நடு அடுக்கு மற்றவற்றை விடச்சற்று குறைவான அளவே நிறம் பெறுகிறது.

சில செல்களில், பிளாஸ்மா சவ்வுக்கு வெளியே மேலும் சில பொருட்கள் மேலுறை (Coating), அமைந்திருப்பதுண்டு. இவை பிளாஸ்மா சவ்வினுல் சுரக்கப் படுபவை. பெரும்பாலான விலங்கு செல்களில், மியூகோபாலிசாக்கரைடு (Mucopolysaccharide), இவ் வாறு அமைந்திருக்கும். ஆனுல், பல தொல் உட்கருநிலை விலங்கு செல்களிலும், தாவரசெல்களிலும் இது கடினமான பல அடுக்குகள் கொண்டதாகக் காணப்படும். இது செல் சுவர் (Cell wall), என அழைக்கப்படும். பாக்டீரியாக்களிலும், தாவர செல்களிலும் உள்ள செல்சுவர் கடினமான, வளைதிறனுள்ள ஒன்ருகும். சிறப்பு நொதிகளால் இணைக்கப்பட்ட பல சிறு அமைப்புகளால், இது ஒரு தொடர்ச்சியான பை போன்று கட்டப்பட்டுள்ளது. வளர்ச்சி

பெற்ற தாவரங்களின் செல்சுவர், பாலிசாக்கரைடுகளால் ஆனது. ஆயின், பாக்டீரியாக்களில் இது எளிமையான சர்க்கரை, அமினே சர்க்கரை, அமினே அமிலம், கொழுப்பு ஆகியவற்ருலான ஒரு கடினமான அமைப்பாகும்.

எலெக்ட்ரான் நுண்ணேக்கி கண்டு பிடிக்கப்படுவதற்கு முன்னர். பிளாஸ்மா சவ்வு செல்லேச் சூழ்ந்து நெருக்கமாக அமைக்கப்பட்டிருக்கும் என்று கருதப்பட்டது. இது தவருன கருத்து என்பது இப்போது தெளிவாக்கப் பட்டுள்ளது. சில செல் களில், பரப்பளவை அதிகரிப்பதற்காக சில விரல் போன்ற நீட்சி கள் அமைக்கப்படுகின்றன. இவை நுண் உறிஞ்சிகள் (Microvilli), எனப்படும். இவை பொருள் கடத்துகையில் ஈடுபட்டுள்ள செல் களில் அதிகமாகக் காணப்படுகின்றன. இது போன்ற நிலேயான அமைப்புகளேத்தவிர, சில சமயங்களில் தோன்றி மறையக் கூடிய உள்மடிப்புகளும், வெளிமடிப்புகளும் (evaginations), தோன்றுவ துண்டு. இத்தகைய நீட்சிகள் ஒன்றையொன்று தொடும்போது, அவை இணேந்து பை போன்ற அல்லது குமிழிபோன்ற அமைப்பை ஏற்படுத்தும். அப்போது அவற்றின் இடையில் சிக்கிய திரவம் செல்லினுள் புகுந்துவிடும். இவ்வாறு திரவம் உட்கொள்ளப்




படம் 13

விலங்கு செல்களின் சைட்டோப்பிளாச நுண்ணுறுப்புகள் பல்வேறு நுண்ணுறுப்புகள் ஆற்றும் பணிகளே வரை படம் காட்டுகிறது

படுதலை செல்முடித்தல் அல்லது திரவ விழுக்கம் (Pinocytosis) என அழைக்கிறார்கள். இத்தகைய பைபோன்ற அமைப்புகளின் உதவியால் பொருட்களை உட்கொள்ள இம்முறை உதவும். செல்லின் உள்ளே புகுந்த குமிழி ஒரு மெல்லிய சவ்வினால் சூழப் பட்டிருக்கும். இது மேலும் பொருட்கள் இதனுள் நுழைவதைக் கட்டுப்படுத்தும்.

திரவ விழுக்கம் நிகழ்வதற்கான முதற்படி, ஓர் உள்மடிப்பு உண்டாவதாகும். ஆனால், சிலவற்றில், இந்த இடத்தில் சில இழை போன்ற அமைப்புகள் உண்டாவது கண்டுபிடிக்கப் பட்டுள்ளது. இவை சிறு மூலக்கூறுகளை (Micromolecules), ஒருங் கிணைத்து, பெரு மூலக்கூறுகளை (Macromolecules). உண்டாக்கும் சாதனங்களோ என்ற ஐயம் பிறக்கிறது. புரதம் போன்றவற்றை, செரிக்கப் படாத நிலையில் செல்லுக்குள் புக வைப்பது சிரமமான செயலாகும். செல்லின் அமைப்புக்கு இன்றியமையாத இவற்றைச் சுலபமாக, பெரு மூலக் கூறு நிலையில் பெறுவதற்கு திரவ விழுக்கம் துணை செய்யும் என்ற கருத்து நிலவுகிறது.

பிளாஸ்மா சவ்வின் மற்றுமொரு பயனுள்ள பணி, அடுத் தடுத்து அமைந்துள்ள செல்களை ஒருங்கிணைத்துக் கட்டுவதற்கான, சில தனிப்பிரதேசங்களை அமைப்பதாகும். செல் தன் பரப்பு முழுவதும் மற்றொரு செல்லுடன் இணைந்திருந்தாலும், இத்தகைய அமைப்புகளால் மேலும் நெருக்கமாகவும், நிரந்தரமாகவும் பிணைக்கப்படும். டெஸ்மோசோம் (Desmosome), என்னும் அமைப்பு, இவற்றுள் மிகவும் சிக்கலானதாகும். டெஸ்மோசோம், இணையாகச் செல்கின்ற இரு பிளாஸ்மா சவ்வுகளின் வீக்கங்களால் ஆனது. இவற்றுக்கிடையில், ஒரு பெரிய செல்லிடை வெளியும் (Inter cellulor space), அவை இரண்டையும் இணைக்கின்ற சைட்டோப்பிளாசத்தின் இழைக் கூட்டங்களும் காணப்படும். சில செல்களில், இரு பிளாஸ்மா சவ்வுகளும் ஒன்றோடொன்று இணைந்து விடுவதையும் காணலாம். இதன் பயனாக, சிறு மூலக் கூறுகளை செல்களுக்கிடையில் பரிமாறிக் கொள்வது எளிதாகிறது.

## உள் தாது வலை

செல்களின் பரப்பைக் கூர்ந்து கவனிக்கும் போது, சிலவற்றில் உள் மடிப்புகள் செல்லின் உட் பகுதியுடன் தொடர்பு கொண்டு இருக்கக் காணலாம். செல்லின் உள்ளே கிளைத்துப் படர்ந்த சிறு பைகளுடன் இவை தொடர்பு கொண்டிருக்கும். இவைகளை முதன் முதலாக எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் கண்டு, உள்தாது வலை **எனப் பெயரிட்டவர் போர்ட்டர் (Porter, 1954) ஆவார்.**

மேலும் பல நுட்பமான ஆராய்ச்சிகளுக்குப் பிறகு, பாலாடே (Palade, 1954), போர்ட்டர் ஆகியோர் இவை சவ்வுகளால் சூழப்பட்ட குழிகளே என்ற உண்மையை வெளியிட்டனர். பின்னர், உள் தாதுவலைகள் எல்லா வளர் உட்கரு நிலை செல்களிலும் இருப்பது தெரிய வந்தது. இவ்வலைகள் துகள்களைக் கொண்ட அல்லது கரடுமுரடான வடிவத்திலும், துகள்களற்ற அல்லதுமென்மையான வடிவத்திலும் இருப்பதை சிலர் எடுத்துக் காட்டினர். இவற்றில் கரடுமுரடான வடிவத்திலுள்ள வலைகளின் பக்க வாட்டில் ஏராளமான துகள்கள் உள்ளன. இவை புரதச் சேர்க்கைக்குக் காரணமான ரிபோசோம்கள் (Ribosomes) ஆகும். உள் தாதுவலை, ஒழுங்கற்ற வடிவமான பின்னல் வலையாகவும், தட்டையான பை போன்ற சிஸ்டர்னேயாகவும், (Cisternae), ஒழுங்கான வளையங்களாக அமைந்த பைகளாகவும் காணப்படும். சில செல்களில், ஏராளமான கிளைகளைப் பெற்று செல்லின் கொள்ளளவில் பெரும் பகுதியை இவை ஆக்கிரமித்துக் கொண்டு இருக்கும். இன்னும் சிலவற்றில், மிகவும் ஒடுக்கப்பட்டு துகள்கள், கொழுப்புக் துளிகள், புரதப்படிகங்கள் (Protein crystals) ஆகியவற்றுடன் இணைந்து அமைந்திருக்கும் தசை செல்களில், உள்தாது வலை மிக நல்ல வளர்ச்சி பெற்று, தசை நார்களைச் (Myofibrils) சூழ்ந்து அமைந்திருக்கும். இவை சார்க்கோப் பிளாஸ்மிக் வலை (Sarcoplasmic reticulum) என அழைக்கப்படுகின்றன சுருங்கி. விரியும் செயலுடன் இவை நெருங்கிய தொடர்பு கொண்டவை.

உள்தாதுவலை, பல்வேறு செல்களிலும் பல வடிவ வேறுபாடுகளுடன் காணப்படுகின்றன. இது மட்டுமின்றி, ஒரே செல்லின் வெவ்வேறு வளர்ச்சிப் பருவங்களிலும் செயலியல் நிலைகளிலும் வேறுபட்ட தோற்றங்களைக் கொண்டிருக்கும் இவற்றிலிருந்து உள் தாதுவலை வடிவத்தையும், வேலையையும் எளிதில் மாற்றிக் கொள்ளும் தன்மையுடையது என்பது புலனாகிறது. உள்தாதுவலை பிளாஸ்மா சவ்வுடன் தொடர்பு கொண்டிருந்த போதிலும், அதனை விட மெல்லியதாகக் காணப்படுகிறது.

பல்வகையான ஆராய்ச்சிகளுக்குப் பின்னரும், உள்தாதுவலையின் திட்டமான பணிகளை அறுதியிட்டுக் கூற இயலவில்லை. இருப்பினும்பொருட்கள் செல்லினுள்ளே இடம் பெயர்ந்து செல்வதற்கும், செல்லுக்கு வெளியே அனுப்பப் படுவதற்கும் இது காரணமாகும் என ஊகிக்கப்படுகிறது. இறுதியாக, இது உட்கருநிலைச் செல்களில் பொருட்களைக் கடத்தவும், தொகுக்கவும், பிரிக்கவும் பயன்படுகிற சிறந்த சாதனம் எனக் கூறலாம்.

உள்தாதுவலை பிளாஸ்மா சவ்வுடன் உறவு கொண்டிருக்கிறது என்பது ஏற்கனவே தெளிவாக்கப்பட்டுள்ளது. இதைத் தவிர, கோல்கைப் பொருள், உட்கருச் சவ்வு ஆகியவற்றுடனும் இது தொடர்பு கொண்டிருப்பதாக, சமீப காலத்திய கண்டு பிடிப்புகள் காட்டுகின்றன.

## கோல்கைப் பொருள்

கோல்கைப் பொருள் என்றசொல்லின் நுண்ணுறுப்பு, முதன் முறையாக கோல்கை (Golgi, *1898*) என்பவரால், கண்டறியப் பட்டது. இதைக் காண்பதற்கு, அவர் வெள்ளிப் புதைப்பு முறையைக் (Silver impregnation technique) கையாண்டார். அவருடைய அறிவிப்பைத் தொடர்ந்து, பல ஆண்டுகள் வரை அது உண்மையிலேயே இருக்கிறதா, இல்லையா என்ற விவாதம் நடை பெற்றது. பின்னர், ஒளிநிலை நுண்ணோக்கியைப் பயன்படுத்தி, உட்கருவின் அருகாமையில் அத்தகைய அமைப்பு இருப்பதை மற்றும் சிலர் தெளிவாக்கினர். இறுதியாக எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி கண்டு பிடிக்கப்பட்ட பின்னர், இது போன்ற சிறப்பு நுண்ணுறுப்பு இருப்பது, மிகத் தெளிவாக விளக்கப்பட்டது.

கோல்கைப் பொருளின் திட்டமான வேலை என்ன என்பது இன்னும் தெளிவாக்கப்படவில்லை. சுரக்கும் செல்களில், சுரப்பிப் பொருட்களைத் திரட்டிச் சேமிக்கும் இடமாக கோல்கைப் பொருள் விளங்குகிறது. இருப்பினும், எல்லாச் செல்களிலும் கோல்கைப் பொருள் மேற்கூறிய வேலைகளை மட்டும் செய்யும் என்பதை நம்ப இயலவில்லை. சவ்வுகளைப் பயன்படுத்தி, உட்கருவுக்கு அருகில் சில உயிர் வேதியல் அலுவல்களை நிகழ்த்துவது அதன் வேலையாக இருக்கக்கூடும். சவ்வுகளின் பரப்பில், பல்வேறு நொதிகள் இருப்பதாக இக்கால ஆராய்ச்சிகள் புலப்படுத்துகின்றன. எனவே சவ்வுகளாலான கோல்கைப் பொருள், கடத்துவதற்கும், வளர் சிதை மாற்றத்துக்கும் பயன்படும் ஒரு நுண்ணுறுப்பு எனக் கூறுவது பொருந்தும்.

## உட்கருச் சவ்வு

உட்கருவைச் சூழ்ந்து காணப்படும் உட்கருச் சவ்வு, சவ்வு மண்டலத்தின் இறுதியான அங்கமாகும். செல்பகுப்பின் போது, குரோமோசோம்கள் பிரிந்து செல்லும் நிலையில், உட்கருவைச் சூழ்ந்து சவ்வு இருப்பதில்லை. மீண்டும் உட்கரு கடை நிலையில் (Telophase) இருக்கும் போது, உயிர்த்தாது வலையின் சிறு சிறு பைகள் குரோமோசோம்களைச் சூழ்ந்து அமைந்து கொள்ளும். விரைவில் அவை இணைந்து, உட்கருத்துளைகளைப் (Nuclear pores)

பெற்ற ஒரு சவ்வாக மாறிவிடும். உட்புகு திறனுக்கு இத்துளைகள் எவ்வாறு உதவும் என்பது இன்னும் நன்கு விளங்கவில்லை. அமினே அமிலங்கள் உட்கருவின் உள்ளே எளிதாக நுழைவதை இவை தடுப்பதாக ஆராய்ச்சிகள் காட்டுகின்றன. அது போன்றே சிறு மூலகங்களும் இவற்றின் வழியாகச் செல்ல இயலுவதில்லை. சிலர் இத்துளைகள், உட்கருச் சவ்வின் இரு அடுக்குகள் இணையாக அமைய உதவும் சாதனங்கள் என்று கருதுகிறார்கள். இவை உட்கரு, சைட்டோப்பிளாசம் ஆகியவற்றுக்குமிடையே பெரும் மூலக் கூறுகளை மாற்றிக் கொள்ளும் இடங்கள் என மற்றும் சிலர் கருதுகிறார்கள். உட்கருச் சவ்வின் இரண்டு அடுக்குகளும், தோற்றத்தில் ஒரே மாதிரியாக இருப்பதில்லை. அதன் வெளிஅடுக்கு பெரும்பாலும் ரிபோசோம்களால் சூழப்பட்டிருக்கும். உள் அடுக்கு, அடர்த்தியான மெல்லிய இழைகளைக் கொண்டிருக்கும்.

இவ்வாறு ஒரு செல்லின் சவ்வுமண்டலம், உட்கருவையும், கோல்கைப் பொருளையும் ஒருங்கிணைக்க உதவுகிறது. இவை இரண்டும் செல்லின் வெளிப்புறத்தோடு தொடர்பு கொண்டு இருக்கின்றன.

## சைட்டோப்பிளாச இடையூட்டுப் பொருள்

## (Cytoplasmic Matrix)

சைட்டோப்பிளாச இடையூட்டுப் பொருள், ஓர் அசாதாரண மான நிலையிலுள்ள சைட்டோப்பிளாசத்தின் அடிப்படைப் பொரு ளாகும். இது பாகு நிலையிலுள்ள திரவம் போன்றும், வளைதிறன் கொண்ட திடப் பொருள் போன்றும் காணப்படும். பொதுவாக, செல்லின் ஓரப்பகுதியில் உள்ள பகுதி ஓரளவு திடநிலையில் அமைந் திருக்கும்; இது புறத்தாது (Ectoplasm) என அழைக்கப்படும். செல்லின் உட்பகுதியிலுள்ள சைட்டோப்பிளாசம் திரவ நிலையில் இருக்கும்; இது உள் தாது (Endoplasm) என வழங்கப்படும். சைட் டோப் பிளாச இடையூட்டுப் பொருளின் பாகுநிலை பற்றி, பல ஆண்டுகளாக ஆராய்ச்சிகள் நடத்தப்படுகின்றன. கீழ்க் கண்ட முறைகள் அவற்றுக்கு அடிப்படையாக இருக்கின்றன.

1. செல்லின் பல்வேறு பகுதிகளில் காணும் துகள்களின் பிரௌணியன் அசைவை (Brownian movement) அளத்தல்.

2. மைய விலக்கத்தினல் (Centrifugation), சைட்டோப்பிளா சத்தின் துகள்கள் ஈர்ப்பு விசையில் (Gravitation) அசைவதை அளத்தல்.

3. சிறு இரும்புத் துகள்களை ஒரு காந்த சக்தியால் அசைய வைத்தல்.

இந்த அளவைகளைப் பயன் படுத்தி, செல் செயல் முறை வல்லுநர்கள், செல்களின் கொல்லாய்டல் (Colloidal) நிலை பற்றிச் சில முடிவெடுத்திருக்கிறார்கள். ஒத்த அமைப்புடன் தோன்றும் அடிப்படைப் பொருளில், நுண்ணிய சட்டகப் பொருட்கள் (Skeleton) இருக்க வேண்டும் என்று ஊகித்திருக்கிறார்கள். மேலும் பல நீண்ட துகள்கள், ஒன்றுடன் ஒன்று இணைந்து 'ஊசிக்குவியல்களை' அமைப்பதாக எண்ணப்படுகிறது. இத்தகைய சட்டக அமைப்புகள் அனைத்தும், வரித்தசைச் செல்கள், கதிர், மையத்துகளகள், நுண்ணிழைகள் போன்ற சிறப்புச் செல்களில் மட்டுமே இருப்பதாக முன்னால் நம்பப்பட்டது. ஆயின், சமீப காலத்தில் எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி இவ்வமைப்புகள் உண்மையில் இழைகள், நுண் குழாய்கள் (Micro tubules) போன்றவை என்பதையும், இவை எல்லாச் செல்களின் அடிப்படைப் பொருளிலும் இருப்பவை என்பதையும் புலப்படுத்தியிருக்கிறது.

## சைட்டோப்பிளாச இழைகள்

சைட்டோப்பிளாச இழைகள் பல்வேறு நீளங்களில் அமைந்திருப்பவை. அவற்றின் பருமன் 40-50Å அளவு இருக்கும் இவைகள் நிறைந்த எண்ணிக்கையில் இருக்கும் போது, மிகவும் தெளிவாகத் தெரிகின்றன. வரித்தசையின் டெஸ்மோ சோம்களுக்கு அருகிலும், நரம்பு செல்களின் ஆக்சோப்பிளாசத்திலும் (Axoplasm) இவை கூட்டமாகக் காணப்படுகின்றன. இருப்பினும் சாதாரண செல்களான அமீபா, தாவர செல்கள் போன்றவற்றிலும் கூர்ந்து கவனித்தால், இவற்றைக் காணலாம். இவ்விழைகளின் திட்டமான வேலைகளை வரையறுத்துக் கூற இயலாது. இருப்பினும், தசைகளில் காணும் இருவகையான இழைகள் தசைநாரின் சுருங்கி விரியும் தன்மைக்குக் காரணமென அறியப்படுகிறது. அமீபாவில் இந்த இழைகள், வேதியல் சக்தியை வேலையாக மாற்றுவதற்குப் பெரிதும் பயன்படுகின்றன. இவற்றின் உதவியால்தான், சைட்டோப்பிளாசத்தின் வேகமான பாயும் அசைவு ஏற்படுகிறது. இன்னும் சில செல்களில் இவை. உறுதித்தன்மை கொடுப்பதற்கு மட்டுமே பயன்படுகின்றன.

## நுண் குழாய்கள்

இக்காலத்தில் பல வகையான நுண்குழாய்கள், தாவர செல்களிலும், விலங்கு செல்களிலும் கண்டறியப்பட்டுள்ளன. இவற்

றின் விட்டம் சுமார் 200-270 Å ஆகும். இவற்றின் சுவர் 50-70 Å கனமானதாகும், இவை நுண்ணிழைகளின் தொகுப்பினுல் ஆக்கப் பட்டவை என்றும் கருதப்படுகிறது. இரத்தச் சிவப்பணு போன்ற செல்களில் உறுதித்தன்மை தேவைப்படுகின்ற பகுதி களில் இவை காணப்படுகின்றன. சிவப்பணுக்களுக்கு திட்டமான வடிவத்தைக் கொடுக்க இவை பயன் படுகின்றன, இவை எதிர் வகப் பகுப்புக் கதிர் (Mitotic spindle), கைனடோசோம் (Kinetosome), நுண்ணிழை போன்றவற்றில் காணப்படுவதால், அசைவுக்கான சாதனங்களாகவும் பயன்படலாம்.

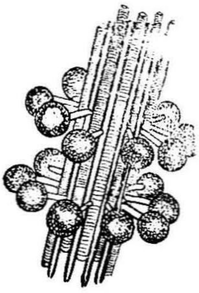
## கதிர் அமைப்பு

கதிர் என்னும் அமைப்பு, உட்கருவின் எதிர்முகப்பகுப்பின் போது தோன்றுகிறது. இது மரபியல் பொருட்களைச் சமமாக சேய்ச்செல்களுக்குப் பகுத்தனுப்பும் சாதனமாக விளங்குகிறது. இதனை வேறுபாட்டு மைய விலக்கமுறையினுல் (Differential centri-fugation), சைட்டோப்பிளாச இடையூட்டுப் பொருளிலிருந்து தனித்தெடுக்க முடியும். கதிரின் நுண்ணமைப்பை இனேயி (Inoue) என்பவர், முனைப்படுத்தல் நுண்ணேக்கி வாயிலாக கண்டறிந் துள்ளார். சமீபகால எலெக்ட்ரான் நுண்ணேக்கி ஆராய்ச்சிகள், இவை இணை நுண்குழாய்களாலானவை என்பதைக் காட்டி யுள்ளன.

## மையத்துகள்கள்

மையத்துகள்கள் (Centrioles) என்பவை, எதிர்முகப்பகுப்பின் போது இரு துருவங்களிலும் தோன்றுகின்ற அமைப்புகளாகும். இவை ஒன்றுக்கொன்று விடையாக அமைந்துள்ள 150 m $\mu$ விட்டமும், 300-500 m $\mu$ நீளமும் உள்ளவை. மையத்துகள், தங்களைத் தாங்களே பிரதியெடுத்துக் கொள்ளும் (Self replicating) தன்மை யுள்ளவை. மேலும், கதிரை உண்டாக்கும் தொழிலிலும் இவை பங்கேற்கின்றன. இவற்றின் உள்ளமைப்பு, எல்லாச் செல்களிலும் ஒரே மாதிரியாகக் காணப்படுகிறது. நடுவில் அமைந்துள்ள ஓர் உருளையைச் சூழ்ந்து, ஒன்பது நுண்குழாய்களின் தொகுதிகள் அமைந்துள்ளன. இந்த நுண் குழாய்கள், சம இடைவெளிகளில் 30° சாய்வாக அமைக்கப்பட்டுள்ளன. மையத்துகள் ஒரு நுனியில் மூடப்பெற்று, ஒழுங்கற்ற சமச்சீருடன் இருக்கிறது. விலங்கு செல் களில், மையத்துகளைச் சூழ்ந்து கோள வடிவமான பொருட்கள், நார் போன்ற கரங்கள், நுண்குழாய்கள் ஆகியவை அமைந்துள் ளன. இவற்றை ஒளி நுண்ணேக்கியில் காணும்போது நட்சத்திர

வடிவில் இருப்பதால், நட்சத்திரக் கதிர்கள் (Astral rays) என இவை அழைக்கப் படுகின்றன.



படம் 14

மையத்துகளின் உருவத் தோற்றம்

இதில் நீண்டகுச்சி போன்றவற்றையும், அவற்றைச் சூழ்ந்து பெருமூலக் கூறுகள் இருப்பதையும் காண லாம்.

சில செல்களில் மையத்துகள்கள் பல முறை பிளந்து, சவ்வுப் பகுதியை அடைகின்றன இங்கு அவை அடிப்பொருட்கள் அல்லது கைனடோ சோம்களை (Kineto somes) அமைக்கின்றன. இவை நுண்ணிழைகள் அல்லது கசை இழைகளை உண்டாக்குகின்றன. நுண்ணிழை தொல்லுயிரி யிலிருந்து மனிதன் வரை, ஒரே அமைப்பைக் கொண்டிருக்கிறது, எத்தனையோ கோடி ஆண்டு கட்கு முன்னர் ஆல்ராக்களில் முதலில் தோன் றிய நுண்ணிழைகள் இதுவரை எத்தகைய மாறு தலையும் பெறுமலிருப்பது வியக்கத் தக்கது. நுண்ணிழையின் குறுக்குவெட்டுத் தோற்றம் அமைப்பில் மையத்துகள்களிலிருந்துசற்று மாறு பட்டிருக்கிறது. நுண்ணிழை செல்லின் பரப்பி லிருந்து தோன்றுவதால், அதைச் சூழ்ந்து ஒரு பிளாஸ்மா சவ்வு காணப்படுகிறது. அதற்குள் பதினொன்று நாரிழை அமைப்புகள் உள்ளன. இரு தனி யான குழாய் போன்ற அமைப்பு நடுவிலும், ஒன்பது இரட்டைக் குழாய்கள் ஓரப் பகுதியிலும் இருக்கின்றன. இக்குழாய்கள் அனைத் தும் இரண்டிரண்டாய் இணைந்தவை. இந்த இணை குழாய்களில் ஒன்று இரு கரங்களை அமைத்து, அவற்றை அருகிலுள்ள இணை குழாய்களை நோக்கி நீளவைத்திருக்கின்றன. இக்கரங்கள் புரதத் தினுல் ஆனவை என்று கிப்பன்ஸ் (Gibbons) எடுத்துக் கூறி, அவற் றிற்கு டைனீன் (Dynein) என்று பெயரிட்டுள்ளார். நுண்ணிழை யின் தோற்ற அமைப்பு, அதன் அசைவுக்குப் பொருத்தமான முறையில் அமைந்துள்ளது. நடுவிலுள்ள குழாய்களைத் தவிர எஞ்சி யவை, மையத்துகளின் குழாய்களுடன் தொடர்பு கொண்டுள்ளன.

இவ்வாறு சைட்டோப்பிளாச இடையூட்டுப் பொருள் பல இன்றியமையாத பணிகளை ஆற்றிவருகிறது. குறிப்பாக வேதியில் சக்தியை வேலைக்காகப் பயன்படுத்தலும், புரதச் சேர்க்கையும் இதன் சிறப்புப் பணியாகும். இவற்றைத் தவிர, செல்லின் நுண் ணுறுப்புகளான உட்கரு, பிளாஸ்ற்றிட்கள் (Plastids) லைசோ சோம்கள் (Lysosomes) ஆகியவற்றுக்கு ஆதாரப் பொருளாக விளங்குவது, இதன் மற்றொரு பணி எனலாம்.

## செல்லின் நுண்ணுறுப்புகள்
## (The cell organelles)

### உட்கரு

நன்கு அமைக்கப்பட்ட செல் நுண்ணுறுப்புகள் டலசெல்லி னுள்ளே காணப்படுகின்றன. அவற்றுள் தலையாய இடத்தை வகிப்

பது, உட்கரு எனலாம். இது செல்லின் மரபியலுக்குத் தேவை யான பொருட்களைச் சேமிப்பதற்கும், அவற்றைப் பிரதியெடுப் பதற்கும், உதவுகிறது. உட்கருவின் இன்றியமையாத் தன்மையை, நாம் பல பரிசோதனைகள் வாயிலாக அறியலாம். ஓர் அமீபாவின் உட்கருவை அகற்றியவுடன், சைட்டோப்பிளாசத்தின் சுழற்சி அசைவு (Cyclosis) போன்ற நிகழ்ச்சிகள் நின்று விடுகின்றன, மேலும், உட்கரு நீக்கப்பட்ட செல்கள் பகுப்பை நிறுத்திவிட்டு. விரைவில் இறந்து விடுகின்றன,

தொல் உட்கரு நிலையிலுள்ள செல்களில், ஒரு திட்டமான, சவ்வினால் சூழப்பட்ட உட்கரு கிடையாது. எனினும் அதில் இரட்டை டிஎன்ஏ அமைப்புகள் ஒரு வட்டமாக அமைந்திருக்கும். வளர் உட்கரு நிலை செல்களிலுள்ள குரோமோசோம்கள் புரதத் தால் சூழப்பட்டிருக்கும். ஆனால், தொல் உட்கருநிலை குரோமோ சோம்களில் இத்தகைய அமைப்பு இல்லை. இருப்பினும், வேறு சில பொருட்கள் அவற்றைச் சூழ்ந்து அமைந்திருக்கக் கூடும். வளர் உட்கரு நிலை குரோமோசோம்கள், உப்புமூலப் புரதம் (Basic protein), டிஎன்ஏ, அமிலப்புரதம் (Acidic protein), ஓரளவு ஆர்என்ஏ ஆகியவற்றுடன் இணைந்து காணப்படும். பகுப்பு நிலை யில் இல்லாத உட்கருக்களில், குரோமோசோம்கள் நீண்ட, மெல்லிய இழைகள் போன்றிருக்கும். எதிர்முகப் பகுப்பு என்ற முறையினால், மரபியல் பொருட்கள் இருசமப் பங்குகளாகப் பிரிக் கப்படுகின்றன. எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியால் கூட, குரோமோ சோம்களின் நுட்பமான அமைப்பை நன்கு அறிய முடியவில்லை. இடை நிலையில் (Metaphase), காணும் குரோமோசோம்களும், ஒத்த அமைப்புடைய துகள்களான தோற்றத்தையே காட்டு கின்றன. எனவே, குரோமோசோம்களின் நுல்லியமான அமைப்பு, டிஎன்ஏ-ஹிஸ்டோன் ஆகியவற்றின் கூட்டுத் தன்மை ஆகியவை இதுவரை செல் உயிரியலில் தீர்க்கப்படாத முக்கியமான சிக்கல்களாகும்.

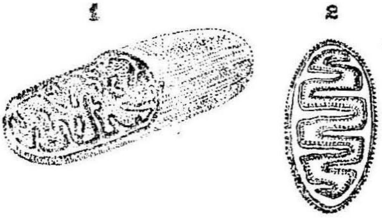
## உட்கருமணி

நன்கு நிறமிடப்பட்ட உட்கருக்களில், உட்கருமணி தெளி வாகப் புலப்படும். இது சில குறிப்பிட்ட குரோமோசோம்களின் உட்கருமணி தோற்றுவிக்கும் பகுதிகளில் (Nucleolar organizer regions), செல் பகுப்பின் கடை நிலையில் (Telophase), தோன்று கிறது. எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில், உட்கருமணி இரண்டு பகுதிகளைக் கொண்டதாக இருக்கிறது, இவை, ஒத்த அமைப்பு கொண்ட நடுப்பகுதியும், அதைச் சூழ்ந்த துகள்-இழை கொண்ட

பகுதியும் ஆகும். இந்தத் துகள்கள் ஆரம்ப நிலையிலுள்ள ரிபோ சோம்களைப் போல் தோன்றுகின்றன. ஏராளமான ஆர்என்ஏ உடைய உட்கருமணி, ரிபோசோம் ஆர்என்ஏ (Ribosomal RNA), ஏற்று ஆர்என்ஏ (Transfer RNA), ஆகியவற்றை உற்பத்தி செய்யப் பயன்படுகின்றன.

## மைட்டோக் காண்டிரியாக்கள்

மைட்டோக் காண்டிரியாக்கள் செல்களின் சக்தி மையங்களாகக் (Power houses), கருதப்படுகின்றன. இவை கீழ்நிலை எரிபொருட்களான உணவுப் பொருட்களை ஆக்சிகரணம் செய்து, சக்தியை வெளிப்படுத்துகின்றன, வெளிப்பட்ட சக்தியை உயர் நிலை சக்தியாக ஏடிபி (ATP), என்ற பொருளில் மாற்றி அமைக்கின்றன. செல்களில் பல இன்றியமையாத சாதனங்களுக்கு ஏடிபி சிறந்த எரிபொருளாகப் பயன்படுகிறது.




படம் 15

மைட்டோக் காண்டிரியானின் உள்ளமைப்பு

1. மைட்டோக் காண்டிரியானின் நீளவு வெட்டுத் தோற்றம், இரு சவ்வுகளையும், இரு அறைகளையும், கிரிஸ்டேக்களையும் காட்டுகிறது.
2. மைட்டோக் காண்டிரியானின் மற்றொரு தோற்றம், அதன் வெளிச் சவ்வின் உட்புறத்திலும், உட்சவ்வின் உட்புறத்திலும் ஏராளமான துகள்கள் உள்ளன, இவை ஆக்சிகரணத்தில் பெரும் பங்கு ஆற்றுகின்றன.

கடந்த நூற்றாண்டில், ஒளி நுண்ணோக்கி இவற்றை மெல்லிய குட்டையான இழைகளாகக் காட்டியது. இக்காலத்தில், மாறுபாட்டு நுண்மைய விலக்க முறைகளைப் பயன்படுத்தி, மற்ற (Differential ultra centrifugation), பொருள்களிலிருந்து இவற்றை பிரித்தெடுத்து இவற்றின் உயிர் வேதியியல் முறைகளைக் கண்டறிந்திருக்கிறார்கள், மேலும் அவற்றின் நுண்ணிய அமைப்பை எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி காட்டியது. இவை இரட்டைச் சவ்வுகளான உருவம் கொண்டவை. வெளியே படர்ந்து காணும் ஒரு சவ்வும், உள்ளே பல மடிப்புகளாக நீண்டு காணப்படும் மற்றொரு சவ்வும்

இவற்றின் முக்கியமான அங்கங்களாகும். தொல்லுயிரிகளில், இம்மடிப்புகள் குழாய் வடிவத்திலும், பாலூட்டிகள் போன்ற வற்றில் கிரிஸ்டே (Cristae), எனப்படும் பைகளாகவும் இவை தோன்றுகின்றன. இரண்டு சவ்வுகளுக்கு மிடையிலுள்ள வெளி ஒத்த அமைப்புடையது. நடுப்பகுதியில், பல்வேறு அடர்த்தி கொண்ட துகள்களுடன் ஓர் இடையூட்டுப் பொருள் அமைந்திருக் கும். மைட்டோக் காண்டிரியாக்கள் ஆர்என்ஏவைப் பெற்றிருக் கின்றன. சமீபத்தில் இவற்றில் டிஎன்ஏ இருப்பதும், இவை தானே பிரதியெடுக்கும் தன்மையுள்ளவை என்பதும் விளக்கப் பட்டுள்ளன.

உள் சவ்வின் பரப்பில், மெல்லிய தண்டுகளைக் கொண்ட துகள்கள் ஒட்டிக் கொண்டுள்ளன. இவை சக்தியை வெளியிடும் செய்கைக்கான வளர்சிதை மாற்ற எதிர்வினைகளுக்குப் பெரிதும் உதவுகின்றன எனத் தெரிகிறது. அமைப்பு, பணி ஆகிய இரண் டும் ஒருங்குபட்டுச் செயலாற்றுகின்ற பண்புக்கு மைட்டோக் காண்டிரியா ஒரு சிறந்த எடுத்துக் காட்டாகும். இவை பெரும் பாலும் சக்தி தேவைப் படுகின்ற பகுதிக்கு வெகு அருகில் காணப் படுகின்றன. தசை செல்களில் இவை சுருங்கி விரிவதற்கான அமைப்புகளுக்கு இடையில் பொருந்தி அமைந்திருக்கும். விந்தணுக்களில், அசைவுக்கான நீண்ட இழைகளைச் சூழ்ந்து இவை இருக்கும். மற்ற செல்களில், கொழுப்புத் துகளுக்கு அருகே இவற்றைக் காணலாம்.

## பிளாஸ்டிட்கள்

தாவர செல்களில், மைட்டோக் காண்டிரியாக்களைத் தவிர, பிளாஸ்டிட்கள் என்ற அமைப்புகளும் உள்ளன. இவை மூன்று வகைப்பட்டவை: குளுக்கோசை மாவுப்பொருளாக மாற்றுபவை லுகோபிளாஸ்ட்கள் (Leucoplasts), எனப்படும்; குரோமோ பிளாஸ்ட்கள் (Chromoplasts), பல தாவரத் துகள்களைச் சேர்த்து அமைகின்ற சாதனங்களாகும்; அடுத்து குளோரோபிளாஸ்ட்கள் (Chloroplasts), ஒளிச்சேர்க்கைக்குக் (Photosynthesis), காரண மான நுண்ணுறுப்புகளாகும்.

குளோரோ பிளாஸ்ட்கள் இரட்டைச் சவ்வினாலான உறையைப் பெற்றவை. இவற்றுள் பல அடுக்குகளைக் கொண்ட உள்ளமைப்பு இருக்கும். வளர்ச்சியுற்ற தாவரங்களில். அடுக்கு அமைப்புகளில் பெரும்பான்மையானவை, தட்டையான பைகளில் அமைந்திருக்கின்றன. இவை பெரும்பாலும் ஒன்றோடொன்று

இணைந்து, கிரானுக்களை (Grana), அமைக்கின்றன. பச்சை ஆல்கா போன்ற வளர்ச்சி குன்றிய தாவரங்களில், அளவில் பெரிய ஒற்றைக் கிரானம் (Granum), பிளாஸ்டிட் முழுவதையும் நிரப்பிக் காணப்படும்.

இவற்றைத்தவிர, குளோரரோபிளாஸ்ட்களில் மற்றொரு பகுதிப்பொருள் இருப்பது சமீபத்தில் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளது. இது உருண்டையான துகள்களாக அமைந்துள்ளது. அளவில் இத்துகள்கள் 100 Å குறுக்களவும், 110Å பருமனும் உள்ளவை. இத்துகள்கள் சவ்வுகளின் அடுக்குகளில் புதையுண்டோ அல்லது பரவலாகச் சிதறியோ காணப்படுகின்றன. இவை குவாண்டோசோம்கள் (Quantosomes), எனப் பெயரிடப்பட்டுள்ளன. இவை ஒளிச்சேர்க்கைக்குத் தேவையான குளோரோஃபிலையும் (Chlorophyll), நொதிகளையும் கொண்டிருப்பதாக நம்பப்படுகிறது. எனினும், இவை திட்டமாக நிரூபிக்கப்படவில்லை. மைட்டோக் காண்டிரியாக்களைப் போன்று இவையும் டிஎன்ஏவைப் பெற்றுள்ள, தானே பிரதியெடுக்கக் கூடிய அமைப்புகளாகும்.

## லைசோசோம்கள்

லைசோசோம்கள் வடிவத்தில் வேறுபாடுகள் காட்டும், ஆழ்ந்து நிறமெடுத்துக் கொள்ளும் அமைப்புகள். இவை ஒரு சூழ்ந்த மைந்த சவ்வையும், நீரால் பகுக்கும் நொதிகளையும் (Hydrolytic enzymes) பெற்றவை. லைசோசோம்களுக்குள் காணப்படும் பொருட்கள், சில சமயங்களில் ஒழுங்காக அமைந்த படிகங்களாக மாறுகின்றன. ஆனால் பெரும்பாலும் அவற்றின் உட்பகுதியில் ஓரளவு செரிக்கப்பட்ட பொருட்களும், செரித்தபின் எஞ்சியவையும் (Digestive residues), தென்படுகின்றன. லைசோசோம்களின் சவ்வு, நொதிகள் வெளிப்பட்டு செல்லைச் செரித்து விடாதவாறு காக்கின்றது. செல் இறந்த பின்னர், நொதிகள் வேகமாக வெளிப்பட்டு, செல்லை முழுமையாகச் செரித்துவிடுகின்றன. இவ்வாறு வேண்டாதவற்றை நீக்கும் பணியைத் தவிர, செல்லின் வளர்சிதை மாற்றத்திலும் இவை பங்கேற்கும் என நம்பப்படுகிறது.

## பிற நுண்ணுருப்புகள்

இவற்றைத் தவிர, செல்லில் நுண்ணுடல்கள் (Microbodies) பெராக்சிசோம்கள் (Peroxisomes) என்பவையும் காணப்படுகின்றன. இவை சவ்வினால் சூழப்பட்டு, அடர்த்தியான துகள்களையோ, படிகங்களையோ கொண்டிருக்கும். சமீபத்தில் இவற்றில்

நொதிகளும் இருப்பதாகக் கண்டிருக்கிறார்கள். எனினும், இவற்றின் வேலைகள் தெளிவாக அறியப்படவில்லை. லைசோசோம்களும், நுண்ணுடல்களும் ஏராளமான அளவில் நொதிகளைச் சேமித்து வைக்கும் சாதனங்களாகும். அதே சமயத்தில் அந்நொதிகள் செல்லின் பொது அமைப்பில் கலந்து விடா வண்ணம் பாதுகாக்கின்றன. இவற்றைப் போன்றே செல்களின் குறிப்பிட்ட நொதிகளைச் சேமிக்க சில பைகள் உதவுகின்றன. எடுத்துக் காட்டாக, கணையத்தில் (Pancreas) சுரக்கும் நொதிகளுக்குச் சேமிப்பு கிடங்குகளாக உதவும் சைமோஜன் துகள்களைக் (Zymogen granules) குறிப்பிடலாம். இவ்வாறு செல்கள் சிக்கலான பொது அமைப்பையும் வேதியல் தன்மைகளையும் கொண்டு விளங்குகின்றன.

## தொடர்ந்து படிக்க :


1. Baserga, R., and Kisieleski, W.E., Autobiographies of Cells, Scientific American offprints, W.H. Freeman and Co., San Francisco 1963
2. Brachet, J., -Do- -Do- -Do- 1961
3. Bloom, W and Fawcett, D.W., A Text book of histology, W.B.Saunders Co., Philadelphia 1968,
4. Engstrom, A., and Finean, J.B. Biolagical Ultra stucture' Academic Press, New York 1958
5. Fawcett, D.W., An atlas of Fine Structure—the cell, its organelles and inclusions, W.B.Saunders Co., Philadelphia 1966
6. Finean, J.B., Chemical ultra structure in living tissues, Charles C.Thomas, Spring field 1962
7. Haggis, G.H., The Electron Microscopy in Molecula Biology, John Wiley and Sons, New York. 1967
8. Jansen, W.A., The Plant cell, Wadsworth Publishing Co., Belmont, California 1964
9. Jansen, W.A., and Park, R.B., Cell ultra structure, Wards worth Publishing Co., Belmont, California 1967
10. Porter, K.R., and Bonneville, M.A., An introduction to the Fine structure of cells and tissues, Lea and Fabiger 1963

11. Wilson, E.B., The cell in Development and heredity, The Macmillan Co., New York 1953

12. Butlar, J.A.V., Inside the living cell, Allen and Unwin, London 1959

13. Loewy, A.G., and P. Siekevitz, Cell Structure and function, Holt, Rinehart and Winston, New York 1969

14. Mercer, E.H., Cells and cell stucture, Hutchinson, London, 1961

15. Paul, J., Cells and tissue Culture, Livingstone, Edinburgh. 1960

16. Schenk, R., and G. Kistler, Photomicrography, Chapman and Hall, London 1962

17. Ambrose, E.J., and Dorothy M. Easty, Cell Biology, Vikas publications, Delhi 1971.

# 3. செல்லின் உயிர் வேதியியல்

## (Biochemistry of the Cell)

முற்கால உடற்செயலியல் வல்லுநர்கள், உயிர்த் தாதுவில் காணப்படும் சில மூலக்கூறுகளே உயிருக்குக் காரணம் என நம்பினார்கள். உயிர் வேதியியல் என்ற துறை வளர்ச்சி பெற்ற பின்னர், செல்லில் பல்வேறு வகையான மூலக் கூறுகள் இருப்பது கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இவற்றில் பல, சிக்கலான அமைப்பைப் பெற்றிருந்த போதிலும் தனிப்பட்ட முறையில் எதுவும் உயிர்க்கான தன்மைகளைக் கொடுப்பதில்லை. இவைகளில் பலவற்றை செல்கள், திசுக்கள், உறுப்புகள் ஆகியவற்றிலிருந்து பிரித்தெடுத்து, கூறுபடுத்தி ஆராய்ந்திருக்கிறார்கள். நுண் முறைகள் (Micromethods) வளர்ச்சி பெற்றுள்ள இக்காலத்தில், இவ்வகைப் பொருட்கள் எவ்வாறு செல்களில் வினியோகிக்கப் பட்டுள்ளன என்பதையும், செல்களின் எப்பகுதியில் காணப்படுகின்றன என்பதையும் அறிந்திருக்கிறார்கள்.

### செல்லின் வேதியியல் பகுதிப்பொருட்கள்

### (Chemical Constituents of the Cell)

செல்லில் அமைந்துள்ள முக்கிய கூட்டுப்பொருள்களின் தன்மையை எளிதில் நிர்ணயித்து விடலாம். சில சிறப்புச் சோதனைகள் வாயிலாக நீர், புரதங்கள், கொழுப்புக்கள், உப்புக்கள், மாவுப் பொருட்கள் ஆகியவற்றை உடனே கண்டு கொள்ள இயலும். இவற்றைத்தவிர, அங்கக (Organic), அனங்ககப் (Inorganic) பொருட்களும் சிறு அளவில் செல்லில் இருக்கின்றன. இவை பற்றிய விவரங்கள் அட்டவணையில் தரப்பட்டுள்ளன.

## அட்டவணை

### உயிரினங்களில் செல்களில் உள்ள கூட்டுப் பொருட்கள்

| கூட்டுப் பொருளின் வகை | சிறப்புவகை | எடுத்துக் காட்டுகள் | இவற்றின் கரைதிறன் |
|---|---|---|---|
| புரதம் | ஆல்பூமின்(Albumen) | முட்டை ஆல்பூமின் (Egg Albumen) | காய்ச்சி வடித்த (Distilled) நீரில்கரையும். சூடு படுத்தினுல் உறையும். |
| | ஹிஸ்டோன்(Histone) | தைமஸ் ஹிஸ்டோன் (Thymus histone) | நீரில் கரையும்: சூடு படுத்தினுல் மேல் படிவை (Scum) ஏற்படுத்தும். |
| | புரோட்டாமின்(Protamin) | விந்தணு புரோட்டாமின் | நீரில் கரையும். |
| | குளாபுலின்(Globulin) | சீரம் குளாபுலின் (Serum globulin) | உப்புக்கரைசலில் கரையும். |
| | புரோலாமின் (Prolamine) | கிளையாடின் (Gliadin) | 80% ஆல்கஹாலில் கரையும். |
| | குளுடலின்(Glutelin) | குளுடனின்(Glutenin) | அமில அல்லது நீர் மூலக்கரைசலில்கரையும். |
| | ஸ்க்ளீரோபுரதம் (Scleroprotein) | கொம்பு, நகம், ரோமம், | பெரும்பாலான கரைசலில் கரையாதவை. |

**அட்டவணை (தொடர்ச்சி)**

| கூட்டுப் பொருள்கள் | சிறப்புவகை | எடுத்துக் காட்டுகள் | இவற்றின் கரைதிறன் |
|---|---|---|---|
| கொழுப்புக்கள் | ட்ரைகிளிசரைடுகள் (Triglycerides) | ட்ரைபல்மிடின் (Tripalmitin)<br>ட்ரிஸ்டியரின் (Tristearin) | கொழுப்புக்கரைப்பான் களில் கரையும். |
| | ஸ்டீரால்கள் (Streols) | கோலஸ்டிரால் (Cholesterol) | ,, |
| | பாஸ்போ கொழுப்புகள் (Phospholipids)<br>லெசிதின் (Lecithin) | செபாலின் (Cephalin) | கொழுப்பு கரைப் பான்களிலும், ஓரளவு நீரிலும் கரையும். |
| மாவுப் பொருட்கள் | மானோசாக்கரைடுகள் (Mono Saccharides) | குளுகோஸ் | நீரில் கரையும். |
| | ஹெக்சோஸ்கள் (Hexoses) | ஃப்ரக்டோஸ் (Fructose) | ,, |
| | பெண்டோஸ்கள் (pentoses) | ரிபோஸ் (Ribose) | ,, |

| | | |
|---|---|---|
| | டியாக்சிரிபோஸ் (Deoxyribose) | ,, |
| டைசாக்கரைடுகள் (Disaccharides) | சுக்ரோஸ்(Sucrose) | |
| | மால்டோஸ் (Maltose) | ,, |
| | லாக்டோஸ் (Lactose) | |
| பாலிசாக்ரைடுகள் (Polysaccearides) பெண்டோசன்கள் (Pentosans) | மரத்தின் சைலன்கள் (Xylans in wood) | நீரிலும் கொழுப்பு கரைப் பானிலும் கரையாதவை |
| ஹெக்சோசன்கள் (Hexosans) | ஸ்டார்ச்சு (Starch) | கொல்லாய்டல் நிலையில் நீரில் தயாரிக்கலாம். |
| | கிளைகோஜன் (Glycogen) | |
| | செல்லு லோஸ் (Cellulose) | நீரிலும், கொழுப்புக் கரைப்பானிலும் கரையாது |
| கைடின் (Chitin) | பூச்சி கைடின் | கரையாதது |

செல்லில் காணப்படும் வேதியியல் பொருட்களின் அளவை நிர்ணயிப்பது: சற்றுச் சிரமமான செயலாகும். அளவை நிர்ணயிப்பதற்கான முறைகளில் செல்புறப் பொருட்களைக் (Extra celluar materials) கணக்கிடக்கூடாது. கீழ்க்கண்ட அட்டவணையில் சில உயிரினங்களின் உடலில் உள்ள கூட்டுப் பொருட்களின் ஈரஎடை (Wet weight) அளவு சதவீதத்தில் தரப்பட்டுள்ளது.

## அட்டவணை

உயிரினங்களில் காணும் கூட்டுப் பொருளின் ஈர எடை சதவீதம்.

| கூட்டுப் பொருள் | எருது | சோளம் | கடல்அர்ச்சின் (Sea urchin) | ஜெல்லிமீன் (Jelly fish) |
|---|---|---|---|---|
| புரதங்கள் | 16·73 | 1·8 | 15·18 | 0·67% |
| கொழுப்புக்கள் | 24·62 | 0·5 | 4·81 | சிறிதளவு |
| மாவுப்பொருள் | — | 17·5 | 1·36 | ,, |
| உப்புக்கள் | 5·24 | 1·2 | 0·34 | 3% |
| நீர் | 55·51 | 79 | 77·3 | 96% |

மேல் நோக்காகப் பார்க்கும்போது, செல்லின் பகுதிப் பொருட்கள் வெவ்வேறு உயிரினங்களில் மிகவும் வேறுபட்ட அளவில் இருப்பதாகத் தோன்றுகிறது. இவற்றில் கடல் அர்ச்சின் முட்டை மட்டும் சேமித்த உணவையோ, சட்டத்தையோ (Skeleton) பெற்றிருமையால், ஏறத்தாழ செல்லின் பகுதிப் பொருட்களின் அளவை உள்ளபடியே காட்டுகின்றன. மற்ற விலங்குகளின் உடல் காட்டும் அளவு, சட்டகத்திலுள்ள செல்புற உப்புக்கள், இணைப்புத் திசுவிலுள்ள (Connective tissue) செல்புறத் திடப்பொருட்கள், நரம்பு நார்களைச் சூழ்ந்துள்ள கொழுப்பு ஆகியவற்றையும் உள்ளடக்கியது. எடுத்துக்காட்டாக தசை நாண்களில் (Tendons) செல்லின் பகுதிப் பொருட்கள் மிகக் குறைந்த அளவே இருக்கும்; பெரும்பான்மையானவை, செல்புறப் பொருட்களால் ஆக்கப்பட்டவை. மாறாக, தசைசெல்களில் புறப் பொருட்கள் மிகக் குறைந்த அளவே இருப்பதால், அவற்றில் காணும் பொருட்கள் செல்லின் பகுதிப் பொருட்களை நன்கு வரையறுத்துக் காட்டுகின்றன. தசைகளில் 80% நீரும், 20% புரதங்களும், 1% மாவுப்பொருளும், கொழுப்பு, உப்பு ஆகியவையும் இருப்பதாகக் கணக்கிடப்பட்டுள்ளது.

தாவரங்களில் செல்லுலோசாலான செல் சுவர்களும் சட்டகத் திசுக்களும் பெருத்த அளவில் இருக்கின்றன. ஜெல்லி மீன்களில்

ஏராளமான நீரும், மிகக் குறைந்த அளவில் (சுமார் 4%) புரதமும், கொழுப்பும் அமைந்துள்ளன. ஆனால் நீரின் பெரும் பகுதி செல்புறப் பொருளாகும். இது ஓரளவு புரதத்தைக்கொண்ட மீசோகிளியாவில் (Mesogloea) காணப்படுகிறது. மீசோகிளியா வின் சேர்க்கைப் பொருட்களை ஆராய்ந்தால், அவற்றின் அளவு கடல் அர்ச்சின் முட்டையைப் போல் இருக்கக் காணலாம்.

தாவரத்தின் அல்லது விலங்கின் உயிர்த்தாது, ஏறத்தாழ 75—85%நீரையும், 10—20% புரதத்தையும், 2—3% கொழுப்பையும், 1% மாவுப்பொருளையும், 1% உப்புக்களையும் ஏனைய பொருட்களையும் கொண்டிருக்கும். செல்லில் மிகுதியாகக் காணப்படுவது நீராக இருந்த போதிலும், செல்லுக்கு அதற்கே உரித்தான அமைப்பை உண்டாக்குவது புரதமேயாகும். சவ்வுகளை அமைக்க கொழுப்புகள் இன்றியமையாதவை. மாவுப் பொருட்கள் சேமித்த உணவாகப் பயன்படுகின்றன.

## தனித்த நீரும், இணைந்த நீரும்
## (Free water and bound water)

உயிரிகளின் வாழ்வுக்கு நீர் இன்றியமையாதது. எல்லா உணவுப் பொருட்களும் நீரில் கரைந்த நிலையில் தான், செல்களுக்கு அனுப்பப்படுகின்றன. எல்லா உயிர் வேதியியல் எதிர்வினைகளும் நீர் கொண்ட (Aqueous) கரைசல்களில்தான் நிகழ்கின்றன. வேகமாகச் செயல்படும் திசுக்களில், நீர் அதிக அளவில் இருக்கிறது. எடுத்துக்காட்டாக, மூளையின் வெண்பொருள் (White matter) சுமார் 68 சதவிகிதம் நீரைக் கொண்டிருக்கிறது. ஆனால், நரம்பணுக்களாலான சாம்பல்நிறப் பொருளில் (Gray matter) 85 சதவீதம் நீர் உள்ளது.

செல்களில் காணும் நீர் தனித்தநீர், இணைந்தநீர் என இரு நிலைகளில் அமைந்துள்ளது. வளர்சிதைமாற்றத்துக்குக் கிடைக்கும் நீர், தனித்தநீர் எனப்படும். இருமுனைக்கவர்ச்சி(Dipole attraction) காரணமாக தொய்ந்த நிலையிலுள்ள, புரதமூலக்கூறுகளுடன் இணைந்து காணப்படும் நீரை, இணைந்தநீர் என்கிறோம். இணைந்த நீர், புரதங்களுடன் ஹைட்ரஜன் இணைப்புகளால்(Hydrogen bonds) இணைக்கப்படுகின்றன. எனவே, இது உயிர்த்தாதுவின் அமைப்புடன் தொடர்பு கொண்ட ஒன்றாகும். ஒரு புரோட்டான் (Proton) மீது இரண்டு எதிர்மின்னேற்றம் (Electro negative) கொண்ட அணுக்கள் கவர்ச்சி கொள்வதால், ஹைட்ரஜன்இணைப்புகள் உண்டாகின்றன. மிக அதிக மின்னேற்றம் கொண்ட அணுக்

களான ஃப்ளோரின் (Fluorine), ஆக்சிஜன் (Oxygen), நைட்ரஜன் (Nitrogen), குளோரின் (Chlorine) ஆகியவையே இவற்றை உண்டாக்கக்கூடியவை. எதிர் மின்னேற்றம் கொண்ட உயிர்த் தாதுவிலுள்ள ஹைட்ராக்சைல் (Hydroxyl), கார்பாக்சைல் (Carboxyl), கீடோஹைட்ரைல்(Ketohydryl), அமினோஹைட்ரைல் (Aminohydryl), இமினோ ஹைட்ரைல் (Iminohydryl), சல்ஃபைட்ரைல் (Sulfhydryl) போன்றவையும் ஹைட்ரஜன் இணைப்புகளை ஆக்கும் திறன் உள்ளவை. ஜெலாடின் (Gelatin), மூலக்கூற்றில் உள்ள ஒவ்வொரு அமினோ குழுவும் (Amino group), 2.6 நீர் மூலக் கூறுகளை இணைக்க முடியும். செல்லிலுள்ள நீரில் சுமார் 4.5 சதவிகிதம் இணைந்த நீராக உள்ளது எனக் கணக்கிட்டிருக்கிறார்கள். அதிகஅளவில் காணும் தனித்த நீர், வளர்சிதை மாற்ற எதிர் வினைப் பொருட்களுக்குக் கரைப்பானாகப் பயன்படுகிறது.

பல்வேறு வகையான தாவரங்களாலும், விலங்குகளாலும், நீண்ட காலம் உலர்ந்த நிலையைத் (Desiccation) தாங்கிக் கொள்ள இயலும். எடுத்துக்காட்டாக, பூஞ்சைக் காளானின் ஸ்போர்களையும் (Spores), தொல்லுயிரிகளின் காப்புறையையும் (Cysts) குறிப்பிடலாம் பாலூட்டிகளின் சிவப்பணுக்களையும், எருதுகளின் விந்தணுக்களையும் 8சதவித அளவே நீர் இருக்குமாறு உலர்த்திய பின்னர், மீண்டும் நீர் சேர்த்தவுடன் அவை தழைக்கின்றன.

## உப்புக்கள்
## (Salts)

அனைத்து செல்களிலும் காணப்படும் உப்புக்கள், உயிர் வாழ மிகவும் அவசியமானவை. திசுக்களைக் காய்ச்சி வடித்த நீரில் அமிழ்த்தி உப்புக்களை அகற்றி விட்டால், விரைவில் அவை இறந்து விடுகின்றன. உப்புக்களின் பயனை, நடைமுறை நிகழ்ச்சி ஒன்றின் மூலம் எளிதில் விளக்கலாம். கோடையில் அதிகமாக வியர்க்கும் போது, சில சமயங்களில் தசைப்பிடிப்பு (Muscle cramp) ஏற்படலாம். இதற்குக் காரணம் அதிக சோடியம் குளோரைடு (Sodium chloride) இழக்கப்படுவதால், தசைகளிலுள்ள பொட்டாசியம் (potassium) கசிந்து, உடல் திரவத்துக்குள் சென்று விடுகிறது. இதனால் தசை செயலிழந்து பிடிப்பை உண்டாக்குகிறது. உடனே உப்பு கொண்ட பானத்தையோ, உணவையோ உட்கொண்டால், உப்பு உடல் திரவத்தை அடைய, பொட்டாசியம் தன் இருப்பிடத்தைச் சேர்கிறது. இதனால் தசைப் பிடிப்பும் நீங்குகிறது.

ஒரு பொதுவான திசுச் செல்களின் உப்பு விகிதத்தை ஆராய்ந்தால், கேட்டயான்களில் (Cations), பொட்டாசியம் மிக அதிக அளவில் உள்ளது. மெக்னீசியம் (Magnesium), சற்றுக் குறைவாகவும், சோடியம் (Sodium), கால்சியம் (Calcium), ஆகியவை அதைவிடக் குறைவான அளவிலும் அமைந்துள்ளன. ஆனயான்களில் (Anions), அதிக அளவில் இருப்பது பாஸ்பேட்டாகும்; அதில் ஓரளவு அமிலத்தில் கரையக் கூடியதாகவும், மற்ருெரு பகுதி கரையாததாகவும் இருக்கும். அடுத்ததாகக் காண்பது, பைகார்பனேட்டாகும் (Bicarbonate). சிவப்பணுக்கள், கல்லீரல் செல்கள் போன்றவற்றில் குளோரைடுகளும் (Chlorides), இருக்கின்றன. மேற்குறிப்பிட்டவை, முக்கியமான உப்புக்கள் எனினும், பல்வேறு வகையான வேறு மூலகங்களும் உப்பு வடிவில் சிறு அளவில் காணப்படுகின்றன. இரும்பு அதிக அளவிலும், மாங்கனீஸ் (Manganes), தாமிரம் (Copper), ஆகியவை சிறு அளவிலும் உள்ளன. வானடியம் (Vanadium), துத்தநாகம் (Zinc), நிக்கல் (Nickel), மாலிப்டீனம் (Molybdenum), ஈயம் (Tin), ஆகியவை நுண்ணிய அளவில் கிடைக்கின்றன. இவற்றில் சில உப்புக்கள், நொதிகள் நன்கு பணியாற்றுவதற்குத் தேவைப் படுகின்றன. சோடியம் உட்கருவிலும், பொட்டாசியம் சைட்டோப்பிளாசத்திலும் சேர்க்கைத் தொழில்களுக்குத் துணை புரிகின்றன.

## புரதங்கள்
## (Proteins)

செல்லின் அடிப்படை அமைப்புக்குக் காரணமானவை புரதங்களாகும். புரதங்களின் மூலக் கூறுகள், ஆறுயிரத்திலிருந்து பல இலட்சம் வரையான மூலக் கூற்று எடை (Molecular weight), உடையவை. அவற்றின் விநோதமான அமைப்புகளுக்கு அவற்றின் பெரிய அளவு காரணமாக இருக்கலாம் என்று கெண்ட்ரூ (Kendrew, *1963*), கருத்துத் தெரிவிக்கிருர்.

எல்லாப் புரதங்களும் கார்பன், ஹைட்ரஜன், நைட்ரஜன் ஆக்சிஜன் ஆகியவற்றைக் கொண்டவை. இவற்றைத் தவிர பொதுவாக கந்தகமும், சில சமயங்களில் பாஸ்பரசும் இருக்கலாம். புரதத்தில் காணப்படும் அமிஞே அமிலங்கள், அவற்றின் அமிஞே அமில கார்பாக்சைல் குழுக்களால் ஒன்ருேடொன்று இணைக்கப் பட்டு பெப்டைடு இணைப்புகளை (Peptide bonds), உண்டாக்குகின்றன. செல்களில் பாஸ்ஃபோரிலேஷன் (Phosphorylation), செய்யப்பட்ட அமிஞே அமிலங்கள்தான், பொருத்தமான நொதிகள் இருக்கும் போது எதிர்வினையில் ஈடுபட்டு, பெப்டைடு இணைப்

புகளை ஏற்படுத்துகின்றன. தொடர்ந்து அமைந்திருக்கும், அமினே அமிலங்களுக்கிடையிலான பெப்டைடு இணைப்புகளே புரதத்தின் அடிப்படை அமைப்புகளாக விளங்குகின்றன. இருப்பினும், இவற்றைத் தவிர வேறு சில கோர்வை (Linkage), அமைப் புகளும் புரதத்தின் அமைப்புக்குக் காரணம் எனலாம்.

புரதங்களில் 20 வகையான அமினே அமிலங்கள் இருக்கின்றன. அவற்றின் விவரங்கள் கீழே அட்டவணையில் தரப்பட்டுள்ளன. எல்லாவகையான அமினே அமிலங்களும், எல்லாப் புரதங்களிலும் அமைவதில்லை. காணப்படுகின்ற அமினே அமிலம் ஒவ்வொரு புரதத்திலும் ஒரு தனித்தன்மையான விகிதத்தில் காணப்படுகின்றன. ஜெலாடின் (Gelatin), போன்ற சில புரதங்கள், வெகு சில அரோமாடிக் அமினே அமிலங்களை (Aromatic amino acids), ஒவ்வொரு மூலக்கூற்றிலும் பெற்றுள்ளன. ஆனல், ஆல்புமின் (Albumin), போன்றவை, பலவற்றைக் கொண்டுள்ளன. ஹிஸ்டோனில் உப்புமூல அமினே அமிலங்கள் அதிகமாக உள்ளன. மயோசினில் (myosin), அமிலத் தன்மையுடையவை இருக்கின்றன. கந்தகம் கொண்ட அமினே அமிலங்கள் ஹிஸ்டோனில் இருப்பதில்லை; ஆயின் ஜெலாடினில் இவை இருப்பதுண்டு. இருபது வகையான அமினே அமிலங்களே இருந்தாலும், இவற்ருல் உண்டாக்கப்படும் புரதங்கள் எத்தனையோ உண்டு.

### அட்டவணை

#### அமினே அமிலங்களின் வகைகளும்

#### அவற்றுக்கு வழங்கும் சுருக்கமான பெயர்களும்

(அ) மானே அமினே—மானே கார்பாசைலிக் (Mono amino–mono carboxylic)
கிளைசின் (Glycine-Gly)
அலனின் (Alanine-Ala)
வேலைன் (Valine–Val)
லுசின் (Leucine–len)
ஐசோலுசின் (Isoleucine–Ilen)

(ஆ) மானே அமினே—டைகார்பாசைலிக் (Mono amino–Dicarboxylic)
குளுடாமிக் (Glutamic–Glu)
ஆஸ்பார்டிக் (Aspartic-Asp)

(இ) டை அமினோ—மானோ கார்பாசைலிக் (Diamino-mono carboxylic)
அர்ஜினைன் (Arginine-Arg)
லைசின் (Lysine-Lys)
ஹைட்ரோசைலிசின் (Hydroxylysine-Hlys)

(ஈ) ஹைட்ராக்சைல் கொண்டுள்ளவை.
திரியோனைன் (Threonine-Thr)
சிரைன் (Serine-Ser)

(உ) கந்தகம் கொண்டுள்ளவை.
சிஸ்டைன் (Cystine-Cys)
மெதியோனைன் (Methionine-Met)

(ஊ) அரோமாடிக் (Aromatic)
பினைலலனைன் (Phenylalanine-Phe)
டைரோசின் (Tyrosine-Tyr)

(எ) வேற்று சுழற்சியுடையவை (Heterocyclic)
டிரிப்டோஃபான் (Tryptophan-Tryp)
புரோலின் (Proline-pro)
ஹைட்ராக்சி புரோலின் (Hydroxy proline-Hpro)
ஹிஸ்ற்றிடின் (Histidine-His)

இக்காலத்தில், பல்வகையான புரதங்களில் காணும் அமினோ அமிலங்களின் தொடர்ச்சி அமைப்பு (sequence), ஆராயப்பட்டு வருகிறது. நியூக்ளியேஸ் (nuclease), மயோ குளோபின் (Myoglobin), ஹீமோகுளோபின் (Haemoglobin), போன்றவற்றின் முப்பட்டை அமைப்பும் உணரப்பட்டுள்ளன.

## புரதங்களின் கரைதிறன்

(Solubility of proteins)

புரதங்கள், கரை திறனில் வேறுபடுகின்றன. முற்காலத்தில் புரதங்களின் அமைப்பு உணரப்படாமையால், கரைதிறனை அடிப்படையாகக் கொண்டு வகைப்படுத்தி அறிந்தார்கள். ஆல்புமின்கள் நடுநிலை காய்ச்சி வடிந்த நீரில் கரையக் கூடியவை. குளாபுலின்கள் நீர்த்த நடுநிலை உப்புக் கரைசலில் கரைகின்றன. சில அமில அல்லது உப்பு மூலக் கரைசல்களிலும், மற்றவை ஆல்கஹாலிலும் கரைகின்றன. ஸ்க்ளீரோ புரதங்கள் (Sclero proteins)

கரைதிறன் அற்றவை. செரிக்கும் நொதிகளாலும் இவற்றைக் கரைக்க முடியாது.

## இணைந்துள்ள புரதங்கள்
## (Conjugated proteins)

சில புரதங்கள், ஓர் உயிரியில் காணப்படும் பிற கூட்டுப் பொருட்களுடன் இணைந்து, இணைந்துள்ள புரதங்களை உண்டாக்குகின்றன. இவற்றுக்கு எடுத்துக்காட்டாக, ஹீமோகுளோபினைக் குறிப்பிடலாம். இதில் குளோபின் என்ற புரதக் கூட்டுப்பொருள், இரும்புக் கூட்டுப்பொருளான ஹீமுடன் (Heme) சேர்ந்துள்ளது. இக் கூட்டுப் பொருள் நுரையீரல்களிலிருந்து ஆக்சிஜனைக் கடத்துவதற்குப் பயன்படுகிறது. இவற்றைப் போன்று எலெக்ட்ரான், கடத்துகைக்குப் பயன்படும் மற்றொரு கூட்டுப்பொருள் சைட்டோகுரோம் (Cytochrome) ஆகும், இவைகளைத் தவிர, உட்கரு அமிலங்களுடன் சில புரதங்கள் சேர்வதால், மிக இன்றியமையாத நியூக்ளியோ புரதங்கள் அல்லது உட்கருப்புரதங்கள் (Nucleo-proteins) உண்டாகின்றன.

## கொழுப்புக்கள்
## (Lipids)

கொழுப்புக்கள் வேறுபட்ட வேதியியல் அமைப்புகளைக் கொண்டவை. இவை மெழுகு (Wax), பாஸ்ஃபோலிபிட்கள் (Phospholipids), கரோடினாய்டுகள் (Carotenoids), ஸ்டீரால்கள் (Sterols), ஆகிய வடிவங்களில் கிடைக்கின்றன. கொழுப்புக்கள் உணவாகமட்டும் பயன் தராது, செல்லின் அமைப்புகள் சிலவற்றை உருவாக்கவும் துணை செய்கின்றன. அவைகளுடைய பொதுவான பண்பு, கொழுப்புக் கரைப்பான்களில் (Fat solvents), கரைதலாகும்.

பாஸ்ஃபரைசைக் கொண்டுள்ள பாஸ்ஃபோலிபிட்கள், செல்லுக்கு மிகவும் அவசியமானவை. இவற்றில் சில நீர் விரும்பும் குழுக்களை உடையவை. மற்றும் சில கொழுப்பு அமிலம் விரும்பும் நீர் வெறுக்கும் குழுக்களால் ஆனவை. எனவே செல்களில் இரு வகையான கூட்டுப்பொருட்களை இணைப்பதற்கு இவை பயன்படுகின்றன. மெழுகுகள் உயர்ந்த அலிஃபாடிக் ஆல்கஹால்களாலும், நீண்டமைந்த கொழுப்பு அமிலங்களாலும் ஆனவை. இவை பெரும்பாலும் பாதுகாப்புப் போர்வைகளாகப் பயன்படுகின்றன, ஸ்டீரால்கள் அரோமாடிக் ஆல்கஹால்களால் ஆனவை; அவற்றில் தனித்துள்ள ஹைட்ராக்சைல் குழுக்களும் உண்டு. கொழுப்பு கரைப்பான்களில் இவை எளிதில் கரைந்து விடுகின்றன. இவற்றுள்

குறிப்பிடத்தக்கவை, முதுகெலும்புள்ளவற்றில் காணப்படும் கோலஸ்டிரால் (Cholesterol) ஆகும். தாவரங்களில் அதிகமாகக் காணப்படுவது β சிஸ்டோஸ்டிரால் (β Sistosterol), எனப்படும். காளான்களில் இருப்பது எர்கோஸ்டிரால் (Ergosterol), ஆகும். முதுகெலும்புள்ளவற்றின் ஆண், பெண் பால் ஹார்மோன்கள் (Sex hormones), ஸ்டீராலகளாகும். வைட்டமின் D யும் இதில் அடங்கும். இவை பிளாஸ்மா சவ்விலும், மற்ற நுண்ணுறுப்பு களிலும் காணப்படுகின்றன. கரோடினுய்டுகள் (Carotenoids), சிவப்பு, மஞ்சள் துகள்களாக தாவர செல்களில் உள்ளன. தாவரங் கள் மட்டுமே இவற்றை உருவாக்கினாலும், சில விலங்கு செல்களி லும் இவை காணப்படுகின்றன. வைட்டமின் A இதிலிருந்துதான் உருவாக்கப்படுகிறது.

## மாவுப் பொருட்கள்
## (Carbohydrates)

மாவுப்பொருட்கள் கார்பன், ஹைட்ரஜன், ஆக்சிஜன் ஆகிய வற்றாலான கூட்டுப்பொருட்களாகும். இவைகள் முறையே 1:2:1 என்ற விகிதத்தில் அமைந்திருக்கின்றள, இவைகளின் முக்கியமான குழுக்கள் மானோ சாக்கரைடுகள் (Mono saccharides). ஒலிகோ சாக்கரைடுகள் (Oligo saccharides), மற்றும் மியூகோ பாலி சாக்கரைடுகள் (Muco poly saccharides) என்பன ஆகும்.

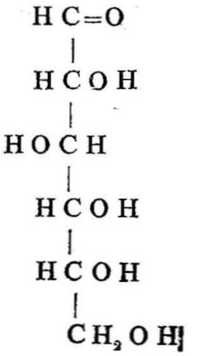
**மானோ சாக்கரைடுகள் :-** இவை ஐந்து கார்பன்களைக் கொண்டி ருந்தால் பெண்டோஸ்கள் (Pentoses) எனவும் ஆறு கொண்டிருந் தால் ஹெக்சோஸ்கள் (Hexoses) எனவும் அழைக்கப்படுகின்றன. உட்கரு அமிலங்களில் காணப்படுகின்ற ரிபோஸ், டியாக்சி ரிபோஸ் ஆகிய சர்க்கரைகள் ஆகியவை பெண்டோஸ்களாகும். குளுக்கோஸ் (Glucose) ஃப்ரக்டோஸ் போன்றவை ஹெக்சோஸ் ளாகும். குளுக்கோஸ் என்பது செல்லின் வளர்சிதை மாற்றத் கதுக்கு மிகவும் இன்றியமையாததாகும்.

**பெண்டோஸ்கள்**

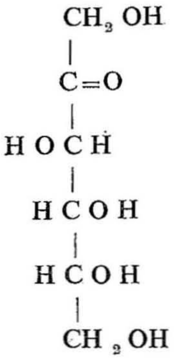
| D-ரிபோஸ் | D-2- டியாக்சிரிபோஸ் |
|---|---|
| HC=O | HC=O, |
| \| | \| |
| HCOH | $CH_2$ |
| \| | \| |
| HCOH | HCOH |
| \| | \| |
| HCOH | HCOH |
| \| | \| |
| $CH_2OH$ | $CH_2OH$ |

D-ரிபோஸ் D-2- டியாக்சிரிபோஸ்

**ஹெக்சோஸ்கள்**



D-குளுக்கோஸ்



D-ஃப்ரக்டோஸ்

பழங்களில் குளுக்கோசை அப்படியே சேமிக்க முடியும். ஆயினும் பெரும்பான்மையான விலங்கு செல்களில் இது கிளைகோஜனாகவும் (Glycogen), தாவரங்களில் ஸ்டார்ச்சாகவும் (Starch), மாற்றப்படுகிறது. தேவை ஏற்படும்போது நொதிகளின் உதவியால் இவை செரிக்கப்படுகின்றன.

**ஒலிகோ சாக்கரைடுகள்:** இவைகளுள் மிகச் சாதாரணமாகக் காணக்கூடியது, டைசாக்கரைடான சுக்ரோஸ் (Sucrose) ஆகும். இது பீட்டுக்கிழங்கிலும் (Beet) கரும்பிலும் இருப்பதாகும். மற்றொன்று மனித முலைப்பாலில் காணப்படும் லாக்டோஸ் (Lactose), என்பதாகும்.

**பாலிசாக்கரைடுகள்:** இவை தாவரங்களின் செல்சுவர்களிலும், சைலம் (Xylem), ஃப்ளோயம் (Phloem), போன்றவற்றில் உள்ள பாதுகாப்பு அமைப்புகளில் உள்ளன. செல்சுவர்களை இணைக்கவும் பாலிசாக்கரைடான பெக்டின் பயன்படும். தாவரங்களில் உள்ள லிக்னினும் பாலிசாக்கரைடாகும். மற்றொரு பாலிசாக்கரைடான கைடின் (Chitin), ஈஸ்ட் போன்றவற்றின் செல் சுவர்களில் காணப்படும்.

**மியூகோ பாலிசாக்கரைடுகள்:** இவை விலங்கு செல்களால் அமைக்கப்படுபவை. பல்வேறு செல்களை இணைத்துக் காட்டும் ஹயலுரானிக் அமிலம் (Hyaluronic acid), ஒரு மியூகோ பாலிசாக்கரைடாகும். இணைப்புத்திசுவின் (Connective tissue), இடையூட்டுப்பொருளிலும், குருத்தெலும்பிலும் (Cartilage), மியூகோ பாலிசாக்கரைடுகள் உள்ளன. மனித இரத்த சிவப்பணுக்களில்

இரத்தக் குழுப் பொருட்கள் (Blood group substances), இருக்கின்றன. இவற்றில் மற்ற பொருட்களுடன் மியூகோ பாலிசாக்கரைடுகளும் உள்ளன,

## தொடர்ந்து படிக்க


1. Advances in Carbohydrate Chemistry, Vol I, Academic Press, New York 1945.

2. Advances in Protein Chemistry Vol I, Academic Press, New York 1944.

3. Ansell, G.B., and Howthorne, J.N., Phospholipids: Chemistry, Metabolism and function, American Elsevier Publishing Co., New York 1964.

4. Bittar, E.E., Cell pH, Butterworth, Washington D.C., 1964.

5. Bonner, J.F., Plant Biochemistry, Academic Press, New York 1966.

6. Burrel, R.C., Organic chemistry for Students of Biological Sciences, Burgess publishing Co., Minneapolis 1947.

7. Davidson, J,N,. The Biochemistry of Nucleic Acids Methuen and Co., London 1960.

8. Dick, D.A.T. Cell water, Butterworth. Washington, D.C., 1966.

9. Fox, S.W., and Foster, J.R., Introduction to Protein Chemistry, John Wiley and sons, New York 1957.

10. Guyton, A.C., Text book of Medical Physiology, W,B., Saunders Co., Philadelphia 1966.

11. Neurath, H., The Proteins, Academic Press, New York 1964.

12. Noller, C.R., Chemistry of Organic Compounds, W.B. Saunders Co., Philadelphia 1965.

13. Vitamins and Hormones, Academic Press, New York 1943.

14. Wagner, A.F., and Folkers, K., Vitamins and Coenzymes, Inter science Publishers, New York 1964.

15, Webb, S.J. Bound Water in Biological Integrity, Charles C. Thomas, Springfield,

16. Wied, G., Introduction to Quantitative cytochemistry, Academic Press, New York 1966.

# 4. பிளாஸ்மா சவ்வு

## (Plasma membrane)

நீண்ட காலமாக செல்கள் அனைத்தும் ஒரு வெளி வரம்பைப் பெற்றுள்ளனவா என்ற ஐயப்பாடு நிலவியது. எலெக்ட்ரான் நுண் ணோக்கி கண்டு பிடிக்கப்பட்டவுடன், செல்லைச் சூழ்ந்து ஒரு சவ்வு இருப்பது தெளிவாக விளங்கியது. பிளாஸ்மா சவ்வைத் தவிர வேறு சில போர்வைகளும் உள்ளன. தாவர செல்களில் பிளாஸ்மா சவ்வைத் தவிர செல்லுலோசாலான ஒரு செல் சுவரும் காணப்படு கிறது, சில விலங்கு செல்களைச் சூழ்ந்து வெளிப் பொருள் சவ்வு களும் (extraneous membranes) உள்ளன. இவை அனைத்தும் நுண்ணிய துளைகளைக் கொண்டவை. இவை பொருட்களைப் பறிமாறிக் கொள்வதில் அதிக பங்கேற்பதில்லை. இத் தொழிலை பிளாஸ்மா சவ்வு செவ்வையாகச் செய்கிறது. செல் சுவரும், வெளிப்பொருள் சவ்வுகளும் பாதுகாப்பாக அமைந்துள்ளன. இவற்றை நீக்குவதால் பிளாஸ்மா சவ்வோ, செல்களின் பணிகளோ பாதிக்கப்படுவதில்லை.

### பிளாஸ்மா சவ்வின் அமைப்பு

### (Strncture of Plasma membrane

பிளாஸ்மா சவ்வு கொழுப்புப் பொருட்களைக் கொண்டிருக் கிறது என்பதை முதலில் எடுத்துக் கூறியவர், ஓவர்டன் (overton, 1895) ஆவார். கொழுப்பில் கரையும் பொருட்கள் மிக எளிதாக இதனுள் ஊடுருவிச் செல்வதைக் கண்டு அவர் இக்கருத்தினை வெளி யிட்டார். அக் காலத்தில் எத்தனை வகையான கொழுப்புகள் உள் ளன, அவை எவ்வாறு அமைக்கப் படுகின்றன என்பதைப் பற்றிய தெளிவான கருத்துகள் இல்லை. பிறகு லேங்மூர் (Longmuir, 1917) கொழுப்பு மூலக்கூறுகளின் அமைப்பு பற்றி ஆய்வு நடத்தினர். கொழுப்புக்கள் நீர், காற்று ஆகியவற்றுக்கிடையே அமையும் போது, ஒற்றை அமைப்பாக அமைவதாக அவர் கூறினர்

அப்போது அவற்றின் மூலக் கூறுகளின் துருவ நுனி (Polar end) நீர்ப் பகுதியையும், துருவ மில்லா நுனி (non Polar end) காற்றை நோக்கியும் இருப்பதாக அவர் தெரிவித்தார். இக் கருத்துகள், பிளாஸ்மா சவ்வு பற்றிய இக் காலக் கோட்பாடுகளுக்கு அடிப் படையாக விளங்குகின்றன எனலாம்.

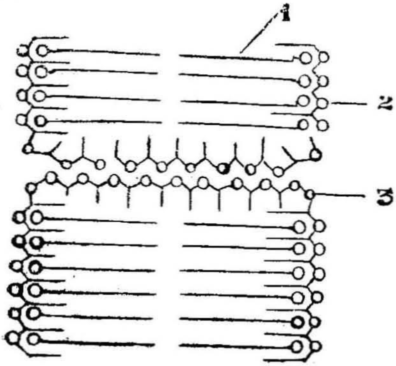
கார்ட்டர், கிரெண்டல் (Gorter and Grendell *1925*) ஆகியோர் சிவப்பணுச் சவ்வின் கொழுப்புப் பொருட்களைத் ஒற்றை அடுக்காக அமைத்தனர். அது சிவப்பணுவை இருமுறை சூழ்வதற்குப் போதுமானதாக இருந்தது. ஆகவே அவர்கள் சவ்வில் இரு அடுக்குகளாகக் கொழுப்பு இருப்பதை எடுத்துக் காட்டினர். இவ்வடுக்குகளில் நீர் விரும்பி துருவக் குழுக்கள் (Hydrophilic polar groups) உள் வெளிப் புறங்களிலும் நீர் வெறுப்பு கார்பன் சங்கிலிகள் (Hydrophobic carbon chains) நடுப் பகுதியில் ஒன்றையொன்று காணுமாறும் அமைந்திருப்பதாக அவர்கள் கூறினர். இது மிக எளிய விளக்கமாக இருந்த போதிலும், இத்தகைய எளிய அமைப்பு கொண்ட சவ்வு எவ்வாறு பல சிக்கல்களான தொழில்களைச் செய்யும் என்பது விளங்கவில்லை.

பின்னர் டேனியல்லியும், டேவ்சனும் (Danielli and Davson) பிளாஸ்மா சவ்வுகளில் ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட இரு மூலக் கூறு அடுக்குகளாலான கொழுப்பும், ஒவ்வொரு துருவப்பருப்பிலும்ஓர் ஒற்றை அடுக்கு புரதமும் இருப்பதாகக் கூறினர்.

நுனிப் படுத்தல் நுண்ணோக்கியைப் பயன்படுத்தி, ஷ்மிட் (Schmitt *1936*) என்பவர், சிவப்பணுக்களில் மட்டுமாவது கொழுப்பு மூலக் கூறுகளின் கார்பன் சங்கிலிகள் ஆர அமைப்பில் காணப்படுகின்றன என்று தெரிவித்தார். இவ்வாறு பிளாஸ்மா சவ்வில் ஆர அமைப்பாக உள்ள இரு அடுக்கு கொழுப்பு மூலக் கூறுகளும், ஒற்ற்றை அடுக்காக உள் வெளிப் புறங்களில் புரதமும் அமைந்திருப்பதை நாம் உணரலாம்,

முன்காலத்தில் பிளாஸ்மா சவ்வு கொழுப்பை மட்டும் அல்லது புரதத்தை மட்டும் கொண்டிருப்பதாக நம்பினர்கள். மற்றும் சிலர் புரதத்தாலும் கொழுப்பாலும் ஆன துண்டுகளின் கலவையாக சவ்வு இருத்தல் வேண்டும் என்று எண்ணினர்கள். இத்தகைய அமைப்பு, ஏதாகிலும் சிறப்புப் பகுதிகளில் மட்டுமே இருக்க முடியும் என்று இப்போது கருதப்படுகிறது. சிவப்பணுக்கள், நரம்பு செல்கள், தசை நார்கள், தாவர செல்கள், ஈஸ்ட்டுகள் முட்தோலிகளின் (echinoderms) முட்டைகள் போன்ற வேறுபட்ட உயிரினங்கள்

அனைத்தும் ஒரே அமைப்பு கொண்ட பிளாஸ்மா சவ்வைப் பெற்றுள்ளன, இருப்பினும், சிறு அளவில் இவற்றில் வேறுபாடுகள் இருக்கக்கூடும்




படம் 16

பிளாஸ்மா சவ்வின் அமைப்பு

1. கொழுப்பு மூலக்கூறு.
2. புரத மூலக்கூறு.
3. துருவத் துளை.

## பிளாஸ்மா சவ்வின் பருமன்

பிளாஸ்மா சவ்வின் பருமனை மதிப்பிடப் பல முறைகள் கையாளப் படுகின்றன. கார்டரும், கிரெண்டலும் பிளாஸ்மா சவ்வின் ஈரடுக்குக் கொழுப்புகள் 30Å அளவுள்ளவையாக இருக்குமெனக் கருதினார்கள். பிறகு பார்பார்ட் மற்றும் பாலண்டைன் (Parpart and Balentine), சிவப்பணுச் சவ்வு 52 Å பருமனுள்ளது எனக் கணக்கிட்டார்கள். பாண்டார் (Ponder, 1948), மனித சிவப்பணுக்களில் புரதம் 37 Å அளவும், கொழுப்பு 31 Å அளவுமிருப்பதாகக் கூறினார்கள். செல் சவ்வின் எதிர்ப்புத்திறனை (resistance), அடிப்படையாகக் கொண்டு ஆய்வு நடத்திய மற்றும் சிலர், அதன் பருமன் $1\mu$–$1m\mu$ அளவுக்குள் இருக்குமென எண்ணினார்கள். சமீபகாலத்தில் பிளாஸ்மா சவ்வை மிக மெல்லியதாக வெட்டி எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் கண்டு அதன் பருமனை நிர்ணயித்திருக்கிறார்கள். அதன் பருமன், பெரும்பான்மையான விலங்கு செல்களின் சவ்வில் 75Å—100Å அளவுள்ளதாகக் காணப்படுகிறது.

## அலகுச் சவ்வு
## (Unit membrane)

எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் மேலும் சில நுணுக்கமான முறைகளைக் கையாண்டு, பிளாஸ்மா சவ்வுகளில் மூன்று அடுக்குகள் இருப்பதைக் கண்டிருக்கிறார்கள். இதில் ஒவ்வொரு அடுக்கும் 25 Å அளவுள்ளது, நடு அடுக்கு மற்ற இரண்டைவிட அடர்த்தி குறைந்ததாகத் தெரிகிறது. இத்தகைய அமைப்பை ''அலகுச் சவ்வு'' (Unit membrane), என அழைக்கிறார்கள். இந்த அடுக்குகளில் சமச்சீரின்மை (asymmetry), காணப்படுவதையும், பருமன் வேறுபாடுகள் இருப்பதையும் சிலர் கண்டுள்ளார்கள். சிலவற்றில்

அடர்த்திமிக்க அடுக்குகள் தொடர்பற்று இருப்பதைக் காணலாம்; இவை மிக நுண்ணிய துளைகளைக் குறிக்கக்கூடும்.

## உட்புகுதிறனும், கடத்துகையும் (Permeability and transport)

ஒரு செல்லின் உட்புகுதிறன் அதன் பிளாஸ்மா சவ்வு, நுழையும் மூலக்கூறு ஆகியவற்றின் பண்புகளைப் பொருத்திருக்கிறது. பிளாஸ்மா சவ்வின் அமைப்பு உணரப்பட்டவுடன், பல்வேறு கரைபொருட்கள் எவ்வாறு சவ்வு மூலம் உட்புகுந்து செல்கின்றன என்பது விரிவாக ஆராயப்பட்டது. பெரும்பான்மையான ஆய்வுகள் தாவர செல்களிலும், சிவப்பணுக்களிலும் நிகழ்த்தப் பட்டன. செல்களின் உள், வெளி அடர்த்தியை நிர்ணயிப்பது சிரமமான செயல். எனவே சிவப்பணுக்களில், சிவப்பணு உடைபடு செயல் (haemolysis) கையாளப்பட்டது. சிவப்பணுக்களை நுழையும் தன்மையுள்ள, மின் பகுப்புக்குதவாத (non-electrolyte) கரைசலில் இடும்போது அவை பருக்கத் துவங்குகின்றன. முதலில் எலெக்ட்ராலைட்டும், பின்னர் நீரும் சவ்வூடு அழுத்தத்தைச் சமப் படுத்துவதற்காக நுழைவதால் அவை வீங்குகின்றன. விரைவில் அவை உடைகின்றன. இந்நிகழ்ச்சி சிவப்பணு உடைபடு செயல் என அழைக்கப்படுகிறது. இச்செயல் தொடர்ந்து நிகழும்போது சிவப்பணுக்கள் ஒளி ஊடுருவக் கூடியவையாக மாறுகின்றன. ஜேகப்ஸ் (Jacbos, 1930) என்பவர், பல்வேறு கரைசல்களுக்கு, ஒரு குறிப்பிட்ட சிவப்பணு உடைபடு நிலையை அடைய எவ்வளவு காலம் பிடிக்கிறது என்பதைக் கணக்கிட்டார். இவ்வாறு பல வகையான கரைபொருட்களுக்கு ஒப்பளவை அவர் நிர்ணயித்தார்.

தாவர செல்களில் இத்தகைய முறை சவ்வு உடைபடு செயலாகும் (Plasmolysis). ஒரு தாவர செல்லை மிகுதி ஊடு கலப்பு அழுத்தமுடைய (Hypertonic) கரைசலில் இட்டால், ஊடு கலப்பு அழுத்தத்தின் வேறுபாடு காரணமாக செல்லின் நீர் வெளியேறி விடுகிறது. செல் திரவத்தின் கொள்ளளவு குறைந்து, பிளாஸ்மா சவ்வு செல்சுவரை விட்டு விடுபடுகிறது. இந்நிகழ்ச்சி சவ்வு உடைபடுதல் ஆகும். வெளிச் சூழ்நிலையில் உட்புகக் கூடிய பொருளிருந்தால், அது மெல்ல நுழைந்து ஊடுகலப்பு அழுத்தத்தைச் சமப் படுத்துகிறது. இதனால் செல்திரவம் மீண்டும் பழைய கொள் ளளவைப் பெறுகிறது. இந்நிகழ்ச்சிகள் நடைபெறும் வேகம், அக் குறிப்பிட்ட பொருள் செல்லுக்குள் நுழையும் வேகத்தைக் குறிப் பிடுகிறது. இத்தகைய பரிசோதனைகள் கடல் அர்ச்சினை அரபேசியா பங்க்டுலேடாவிலும் (Arbacia punctulata) நடத்தப் பட்டுள்ளன.

இதுவரை ஆராயப்பட்டுள்ள எல்லாச் செல்களிலும் பிளாஸ்மா சவ்வு ஒரே மாதிரியான பண்புகளைக் கொண்டுள்ளது. செல்லுக்குள் நுழையும் பொருட்கள், மூன்று குழுக்களாகப் பிரிக்கப் படுகின்றன. அவையாவன:

(அ) கொழுப்பில் கரையும் பொருட்கள்.

(ஆ) மிகச்சிறிய மூலக் கூறுகளும், அயான்களும்.

(இ) சில சிறப்புச் சாதனங்களால் உள்ளே நுழையும் பொருட்கள்.

கொழுப்பில் கரையும் பொருட்களைக் காணும்போது அவற்றின் எளிதாக நுழையும் தன்மைக்கும் கரைப்பான்—நீர் தடுப்பின் ஒருங்கு செயலாற்று திறனுக்கும் தொடர்பிருப்பதாக தெரிகிறது. ஒரு மூலக் கூற்றின் உண்மையான அளவு உட்புகு திறனைப் பாதிப்பதில்லை.

சிறு மூலக் கூறுகளான நீர், மெதில் ஆல்க்கஹால் (methyl alcohol) ஃபார்மமைடு (Formamide), சிறு அயான்களான $Na^+$, $K^+$, மற்றும் $Cl^+$ போன்றவை சவ்வுக்குள் எளிதாகச் செல் கின்றன. இவையெல்லாம் 7Å அளவைவிடக் குறைந்த விட்ட முள்ளவை. இதிலிருந்து சவ்வின் தொடர்ச்சியான கொழுப்பு அடுக் கில், மூலக் கூறு அளவிலான சிறு துளைகளிருக்க வேண்டும் என்று மறைமுகமாகப் புலப்படுகிறது. இத் துளைகளைச் சூழ்ந்து துருவ நுனிகள் திரவப் பகுதியை நோக்குமாறு புரதவரிசை அமைந் திருக்க வேண்டும். இத் துளைகள் நன்கு அமைக்கப்பட்ட வரம் புடன் இருக்கின்றன.

செல்லுக்குள் நுழையும் மூன்றுவதான பொருட்களில் கேட யான்களான $Na^+$ மற்றும் $K^+$ அடங்குகின்றன. இப் பொருட்கள் எளிதாக உட்புகுதிறனுல் உள்ளே செல்ல முடியும். இருப்பினும் இவைகள் நுழைவதற்கு ஒரு சிறப்புச் சாதனம் உதவுகிறது. செல்லுக்குள் சூழ்நிலையை விட அதிக அளவு பொடாஷியம் காணப்படுகிறது. இருப்பினும் அடர்த்தி ஏற்ற இறக்க வாட்டத்தை (concentration gradient) எதிர்த்து, இது தொடர்ந்து பொடாஷியம் அயான்களைச் சேகரிக்கிறது. இது போன்று ஏராளமான அமினோ அமிலத்தையும் செல் சேகரிக்க முடியும். சில ஆல்காக்களில் சூழ்நிலையை விட $10^6$ மடங்கு அயோடியனைச் (Iodine) சேகரிக்க முடியும் என்று கணக்கிட்டிருக் கிறார்கள். எனவே இச் செயல்களின்போது, பிளாஸ்மா சவ்வு **ஒரு செயலற்ற வடிகட்டும் அமைப்பாக இருப்பதில்லை.**

பொருட்கள் ஊடுருவிச் செல்ல முயலும்போது, அவற்றை எதிர்த் திசையில் தள்ளக் கூடிய திறன் அதற்கு இருத்தல் வேண்டும் இச் செயலுக்கான சக்தியும் தொடர்ந்து அளிக்கப்பட வேண்டும். பிளாஸ்மா சவ்வின் இச் செயல் வேகமுள்ள கடத்துகை (active transport) என்று அழைக்கப்படுகிறது. இதற்கான சக்தி ஏடிபியாக அழைக்கப் படுவதாக ஹோட்கின் (Hodgkin) கால்டு வெல் (Caldwell) போன்ருேர் கூறியுள்ளார்கள். ஏறத்தாழ 18 சத வீதம் சக்தி இவ்வாறு செலவாகிறது.

பிளாஸ்மா சவ்வில் $Na^+$, $K^+$ முதலியவற்றை வேறு படுத்தித் தெரிந்து கொள்ளும் சிறப்பிடங்கள் இருக்க வேண்டும். சிவப்பணுக்கு இத்தகைய இடங்கள் 1000 இருந்தால் போதுமென கிளின் (Glynn, 1957) என்பார் கணக்கிட்டுள்ளார். இத்தகைய இடங்களில், அயான்கள் கடத்தும் பொருளுடன் இணைந்து சவ்வின் வழியாகச் சென்று, பிறகு அவற்றை விடுவிப்பதாக டேனியல்லி (Danielli) குறிப்பிடுகிருர். கடத்தலுக்கு உதவும் பொருட்கள் எத்தகையவை என்பதைப் பற்றிக் கருத்து வேற்றுமை உள்ளது. கீழ்க்கண்ட விளக்கம், பொருத்தமானதாக உள்ளது. பிளாஸ்மா சவ்வின் உட்புறத்திலுள்ள ஒரு குறிப்பிட்ட பாஸ்ஃபோ புரத இடம் (Phospho protein site), ஏடிபியினுல் பாஸ்ஃபோரிலேஷன் செய்யப்படுகிறது. இது சோடியம் அயான்களுடன் இணைகிறது. இந்த பாஸ்ஃபோ புரத—சோடியம் கூட்டமைப்பு (Phospho protein–sodium complex), ஏதோ ஒரு முறையினுல் சவ்வின் வழியாக அதன் வெளிப்புறத்தை அடைகிறது. இங்கு சோடியம் விடுவிக்கப் படுகிறது. அதற்குப்பதிலாக பொடாஷியம் எடுத்துக் கொள்ளப் படுகிறது. பொடாஷியத்தினுல் தூண்டப்பட்ட எதிர் பாஸ்பாரிலேஷன் (de-phosphorylation) நிகழ்ந்த பின்னர், கூட்ட மைப்பு மீண்டும் உட் புறத்தை அடைகிறது. இங்குப் பொடாஷி யம் விடுவிக்கப்படுகிறது. இச் செயல் தொடர்ந்து நடைபெறுகிறது. ஒவ்வொரு முறையும், இரண்டு அல்லது மூன்று அயான்கள் இவ்வாறு கடத்தப் படுகின்றன.

இதைப் போன்றே கால்சியம், குளோரின், அயோடின் ஆகிய வற்றைக் கடத்துவதற்கான சாதனங்களும் இருப்பதாகத் தெரிகிறது. குளுகோஸ் போன்ற சர்க்கரைகளைக் கடத்தவும் இத் தகைய சாதனங்கள் தேவைப்படுகின்றன. இவ்வாறு காணப்படும் பல்வேறு கடத்தும் சாதனங்கள் ஒன்றுக் கொன்று தொடர்புடை யவையாக இருக்கக் கூடும்.

## செல்சுவர்
## (Cell wall)

தாவரங்களின் செல்சுவர்களில் அநேகமாக எல்லாமே செல்லுலோஸ் என்ற பாலிசாக்கரைடால் ஆனவை இச்சுவர் களில் உள்ள செல்லுலோஸ் மூலக்கூறுகள், 100- 250Å அளவுள்ள நார்களாக உள்ளன. மற்ற பொருள்களின் இடையூட்டுப் பொருள் செல்லுலோசைச் சூழ்ந்து அமைந்துள்ளன. இவைகளில் லிக்னின் (Lignin) போன்ற பாலிமர்கள் அமைந்து வலிமையையும் உறுதித் தன்மையையும்கொடுக்கின்றன. பாலிசாக்கரைடுகளான பெக்டின் கள் (Pectins) அருகிலுள்ள செல்களைச் சேர்த்துக் கட்ட உதவு கின்றன. இருசெல்களைப் பிரிக்கும் நடு லெமல்லாவில் (Middle lamella) இவை ஏராளமாகக் காணப்படுகின்றன. நொதிகளின் உதவியாலோ மற்ற முறைகளினுலோ பெக்டின்களை அகற்றி விட்டால் செல்கள் ஒன்றையொன்று பிரிந்து உதிர்ந்துவிடுகின்றன. பாலைவனம் போன்றவற்றில் வாழும் தாவரங்களின் செல்சுவர்களி லுள்ள மெழுகு போன்ற பொருள், தாவரங்களை உலர்ந்து விடாமல் காக்கின்றன.

செல் சுவர்களில் காணப்படும் துளைகள், திரவங்கள் செல்வதற்கு வகை செய்கின்றன. உயர்ந்த தாவரங்களில் திரவங் களைக் கடத்துவதற்குச் சில குழாய்த் திரட்சிகள் பயன்படுகின்றன. இவைகளில் பல இறந்த செல் சுவர்களால் ஆக்கப்பட்டவை. கார்க்குகளின் மிதக்கும் தன்மைக்கு (buoyancy), அவற்றில் மூடப்பட்டுள்ள செல் சுவராலான அறைகளே காரணமாகும்.

பெரும்பாலான தாவர திசுக்களில்,செல்சுவர்கள் செல்களால் தொடர்ச்சியான முறையில் உண்டாக்கப்படுகின்றன. முதலில் வெளி அடுக்கு அமைக்கப்படுகிறது. இது முதல் நிலைச்சுவர் (Primary wall) எனப்படுகிறது. இதில் பல திசைகளில் செல்லும் நார்கள் அமைந்துள்ளன. அடுத்துக் காணப்படும் இரண்டாம் நிலைச் சுவரில் (Secondary wall) திட்டமான அடுக்குகள் உள்ளன. ஒவ்வொரு அடுக்கிலும் செல்லுலோஸ் நார்கள் இணைகோடுகள் போல் தோன்றுகின்றன. இவ்வடுக்கு செல்சுவரின் வலிமைக்குப் பெரிதும் காரணமாகும். சிலவற்றில், மூன்றும் நிலைச் சுவரும் (Tertiary wall) இருக்கக்கூடும்.

செல் சுவர்களின் பொருட்கள் எவ்வாறு சுரக்கப்பட்டு ஒழுங் கான அமைப்பினைப் பெறுகின்றன என்பது தெளிவாகத் தெரிய வில்லை கோல்கை அமைப்பின் குமிழிகள் இவைகளைச் சுரக்கக் கூடும் என்று நம்பப்படுகிறது.

## பிளாஸ்மோடெஸ்மாட்டா

## (Plasmodesmata)

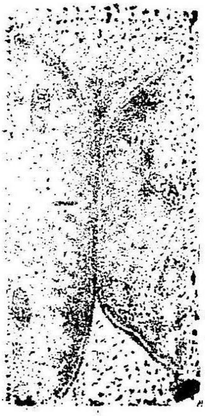
அருகருகிலுள்ள செல் சுவர்கள் துளைகளைக் கொண்டிருக்கின்றன. இவற்றினுள் சைட்டோப் பிளாசத்தின் தொடர்ச்சிகள் இருக்கக் கூடும் அல்லது இரு செல்களும் வேறு வகையான தொடர்புகளைக் கொண்டிருக்கலாம். இச்சிறப்பு அமைப்புகளுக்கு பிளாஸ்மோடெஸ்மாட்டா என்ற பெயர் வழங்கப் படுகிறது. இவை காணப்படும் இடங்களில் உள் தாதுவலை தொடர்பு கொண்டுள்ளன.

பிளாஸ்மோடெஸ்மாட்டாக்கள் வாயிலாக செல்களுக்கிடையே சைட்டோப் பிளாசத்தின் தொடர்ச்சி நிலை உருவாக்கப் படுகிறது என்று ஒரு' சாரார் கருதுகிறார்கள். இவை பல வகையானவை. இவையனைத்தும் செல்களுக்கிடையே இடைவினைகள் ஏற்படுத்த உதவி செய்கின்றன. இவற்றின் மூலமாகப் பொருட்கள் செல்லுதலும் முடியும் என்று நம்பப்படுகிறது.

## சந்திப்பு அமைப்புகள்

## (Junctional structure)

மேலணி இழையங்களின் செல்கள் சில சிறப்பான சந்திப்பு இணைப்புகளால் இணைக்கப்பட்டுக் காணப்படுகின்றன. இவ்வமைப்புகள் வேறுபட்ட பல தோற்றங்களைக் கொண்டிருக்கின்றன. சிறு குடலில் காணப்படும் சில இழைய செல்களில், அருகருகிலுள்ள செல்கள் நெருக்கமாக இணைந்து விடுகின்றன இவ்விணைப்புகள் நெருக்கமான சந்திப்புகள் (Tight junctions), என அழைக்கப்படுகின்றன. இவை செல்லைச் சூழ்ந்து, ஒரு வளையம் போன்று உள்ளன. இவற்றுக்குச் சிறிது கீழே டெஸ்மோசோம்கள் (Desmosomes), என்பவை உள்ளன. இவை நெருக்கமான சந்திப்புகளைப் போலின்றி, சில குறிப்பிட்ட பகுதிகள், திட்டுகள் ஆகியவற்றில் மட்டுமே இருக்கின்றன. இவைகளின் பிளாஸ்மா சவ்வுகளுக்கிடையே, வழக்கமான 100—200 Å அளவுள்ள செல் இடைவெளி (inter cellular space), உள்ளது. இவ்வெளியில் அமைந்துள்ள செல்வெளிப் பொருட்கள் (extra cellular material), அடர்த்தியாகவும், ஒழுங்கான அடுக்குகளாகவும் அமைகின்றன பிளாஸ்மா சவ்விலிருந்து மெல்லிய இழைகள் தோன்றி, சைட்டோப்பிளாசத்தின் சிறிது தூரம் வரை நீட்டிக் கொண்டிருக்கின்றன.



படம் 17
நெருங்கிய
சந்திப்பு அமைப்பு
அம்புக்குறியிட்ட இடத்தில்: இரு பிளாஸ்மா சவ்வுகள் நெருக்கமாக அமைந்திருக்கக் காணலாம்.

சிறு குடலிலும் மற்றும் சில திசுக்களிலும் சந்திப்புக் கூட்டமைப்புகள் (junctional complex), உள்ளன. இவற்றில் இருக்கும் நெருக்கமான சந்திப்பு சோனுலா ஆக்லுடென்ஸ் (Zonula occludens), எனவும், டெஸ்மோசோம் மாகுலா அட்ஹிரன்ஸ் (Macula adherens), எனவும் அழைக்கப்படுகின்றன. பிளாஸ்மா சவ்வுகளுக்கிடையேயுள்ள தூரம் ஏறத்தாழ 200Å ஆக இருக்கிறது. சவ்வுக்குக் கீழே, இழைகள் போன்ற பொருட்களின் திரட்சி ஒவ்வொரு செல்லையும் சூழ்ந்திருக்கிறது.

மேலணி இழையங்களில் செல்களை இழுத்துக் கட்ட டெஸ்மோசோம்கள் உதவுகின்றன. பரிசோதனைகளின் போது செல்களை இழுத்துப் பிரிக்கும்போது, டெஸ்மோசோம் பகுதிகள் அவைகளை இணைத்து வைத்திருக்கின்றன. நெருக்கமான சந்திப்புகள் வேறு பணிகளையும் செய்கின்றன. இவை சில பொருட்களை செல்களுக்கிடையே செல்லவொட்டாமல் தடுத்து நிறுத்துகின்றன. இதன் விளைவாக, பொருட்கள் செல்கள் மூலமாக மட்டுமே நுழைந்து செல்ல முடியும். செல்களுக்கு இடையே பொருட்கள் செல்வதை விட, செல்கள் மூலமாக அவை செல்வது சிறந்த தேர்வு சாதனமாகும்.

சில செல்களுக்கிடையில் காணும் நெருக்கமான சந்திப்புகள், எலெக்ட்ரோ டானிக் சந்திப்புகள் (electro tonic junctions) என அழைக்கப்படுகின்றன. பரிசோதனைகளில் மின்சார ஓட்டத்தைச் செலுத்தும்போது, அது எளிதாக இச் சந்திப்புகள் மூலம் செல்ல முடிகிறது. இவை இல்லாவிடில், அருகிலுள்ள பிளாஸ்மா சவ்வு, இதர பொருட்கள் ஆகியவை மின்சார ஓட்டத்தைத் தடுத்து நிறுத்தி விடும். எனவே இவை அயான்களும், மற்றும் சில சிறு மூலக் கூறுகளும் விரைந்து செல்வதற்குரிய சாதனங்களாக விளங்குகின்றன.

சமீபத்திய ஆராய்ச்சிகள், மேலும் சில வகையான சந்திப்பு அமைப்புகள் இருப்பதைத் தெளிவாக்கியுள்ளன. சிலவற்றில் மாறுபட்ட நெருக்கமான சந்திப்புகள் உள்ளன. இவை செல் இடைவெளிகளின் ஒரு பகுதியை மட்டுமே அடைத்துவிடக் கூடி

யவை. எடுத்துக்காட்டாக, சில பூச்சி செல்களில், குறுக்குச் சுவருள்ள டெஸ்மோ சோம்கள் (Septate desmosomes), காணப்படுகின்றன. இவற்றில் அருகிலுள்ள பிளாஸ்மா சவ்வுகள் விலகி உள்ளன. நுண்ணிய பாலம் போன்ற குறுக்குச் சுவர்கள், செல் இடைவெளிகளில் அமைந்துள்ளன. இவற்றின் மூலம் அயான்கள் பரிமாறிக் கொள்ளப்படுகின்றன.

தந்துகிகளிலுள்ள உள்ளணி இழையங்களில் (endothelium), சில சந்திப்பு அமைப்புகள் உண்டு. இவை சர்க்கரை. புரதம் போன்றவற்றின் மூலக் கூறுகளைக் கடத்துவதில் கட்டுப்பாடு செலுத்துகின்றன. கல்லீரல் செல்களில் இத்தகைய கட்டுப்பாடுகள் அதிகமாக இல்லை. ஆகவே செல்களுக்கிடையேயுள்ள அகன்ற இடைவெளிக்கு மூலக் கூறுகள் எளிதாகச் செல்ல முடியும்.

## மொத்தமான கடத்துகை
## (Bulk Transport)

பிளாஸ்மா சவ்வு மற்ரெரு வகையான கடத்துகையில் ஈடுபடுவதை நுண்ணோக்கியில் காணலாம், இதில் பொருள்கள் பிளாஸ்மா சவ்வின் ஒத்துழைப்புடன் மொத்தமாகக் கடத்தப் படுகின்றன. பாக்டீரியா, தொல்லுயிரிகள், உயர்ந்த விலங்குகளின் சில செல்கள் ஆகியவை செல்விழுக்கம் (Phagocytosis) என்ற முறையில் ஈடுபடுகின்றன. இச்செய்கையின்போது பிளாஸ்மா சவ்வு ஒரு மடிப்பினுல் குமிழியை உண்டாக்கி, அதன் மூலமாக பொருட்களைச் செல்லுக்குள் விழுங்கி விடுகிறது, செல் குடித்தல் (Pinocytosis) என்ற மற்ரெரு முறையும் இதே போன்றுள்ளது,ஆனுல் இங்கு உட்கொள்ளப்படும் பொருட்கள் மூலக் கூறு அல்லது பெரு மூலக் கூறு அளவானவை, புரதம் அல்லது ஏனைய மூலக்கூறுகள், பிளாஸ்மா சவ்வின் சில இடங்களில் ஒட்டிக் கொள்கின்றன. பிளாஸ்மா சவ்வு மடிப்பை உண்டாக்கி, சூழ்நிலை திரவத்தின் சிறு துளிகளுடன் குமிழிகளை உள்ளே அனுப்புகிறது, இச்செயல் அமீபாவில் நடைபெறுவதை ஒளி நுண்ணோக்கியில் காணலாம். ஆனுல் பெரும்பான்மையான செல்களில் குமிழிகள் மிகச் சிறியவையாக இருப்பதால் இதனைக் காண முடிவதில்லை.

செல் விழுக்கமும், செல் குடித்தலும் வேகமாக நடைபெறுகையில், பிளாஸ்மா சவ்வின் பெரும் பகுதி குமிழிகளை அமைத்து உள்ளே சென்று விடுகிறது. இழந்த பகுதிகள் உடனே புதுப்பிக்கப்பட்டு, பிளாஸ்மா சவ்வின் தன்மை நிலையாக வைக்கப்பட்டுள்ளது. ஆனுல் இப்புதுப்பிக்கும் தொழிலைப் பற்றிய விவரங்கள் இன்னும் அறியப்படவில்லை.

குமிழிகளுக்குள்ளே காணும் பெரு மூலக் கூறுகள், லைசோ சோமின் நொதிகளால் செரிக்கப் படுகின்றன. இத்தகைய குமிழி களில் காணும் சுவையான தன்மை, அவற்றின் வெளிப்புறத்தில் காண்கின்ற அமைப்புகளாகும். இவற்றைப் பற்றிய விவரங்கள் அதிகமாகக் கிடைக்க வில்லை. எனினும், இவை குமிழிகள் துண்டு படுதலுக்கு உதவும் சிறப்பு சைட்டோப் பிளாசமாக இருக்கலாம் என்று நம்பப்படுகிறது.

## தொடர்ந்து படிக்க


1. Curtis, A.S.G., The Cell Surface: its Molecular role in morphogenesis, Logos Press 1967.
2. Davson and Danielli, The Permeability of Natural membranes, Cambridge University Press, London 1952.
3. Allen, R.D., In 'Chemical basis of Development, John Hopkins Press, Baltimore, Maryland 1958.
4. Danielli, J.F. In 'Recent Developments in cell Physiology,' Academic Press, New York 1954.
5. Davson, H., Text book of General Physiology, Churchill, London 1951.
6. Gray, J., A text book of experimental Cytology, Cambridge University Press, London 1931.
7. Harris, E.J., Transport and accumulation in Biological systems, Academic Press, New York 1956.
8. Heilbrunn, L.V., Outline of General Physiology, Philadelphia, Pennsylvania 1937.
9. Just, E.E. Biology of the cell Surface, Technical Press, London 1939.
10. Ussing, Ion Transport across biological membranes, Academic Press, New York 1954.
11. Lewis, W.H., In 'Structure of Protoplasm, Iowa State Press, Ames, Iowa 1942.

12. Lillie, F.R., Problems of fertilization, Chicago, Illinois 1913.

13. Loeb, J., Artificial Parthenogenesis and fertilization, Chicago, Illinois 1913.

14. Parpart, A.K., and Ballentine, R., In 'Trends in Physiology and biochemistry, Academic Press, New York 1952.

15. Ponder, E., Hemolysis and related Phenomena, Grune and Stratton, New York 1948.

16. Schulman, J.H., In 'Cytology and Cell Physiology,' oxford University Press, London 1951.

17. Runnstrom, J., etc., In 'The Cell,' Academic Press, New York 1959.

18. Locke, M., Cellular membranes in development, Academic Press, New York 1963.

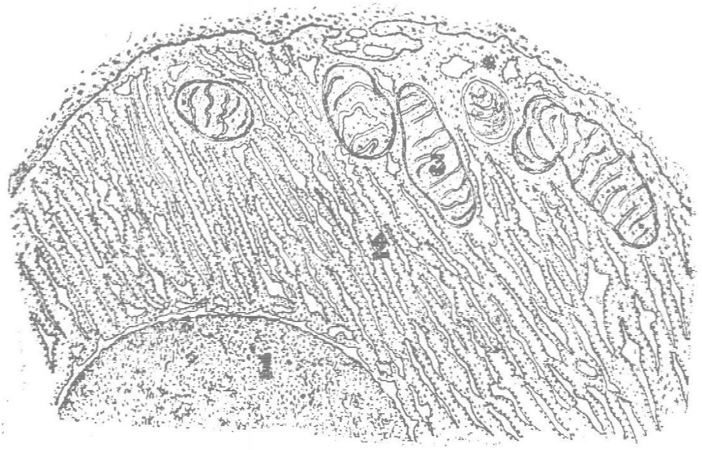
19. Stein, W.D., The movement of molecules across cell membranes, Academic Press, New York 1967.

# 5. உள்தாதுவலையும், ரிபோசோம்களும்

## (Endoplasmic Reticulum and Ribosomes)

எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியால் கண்டுள்ள சிறந்த பயன்களில் உள்தாதுவலையின் நுண்ணமைப்பை உணர்ந்ததும் ஒன்றாகும். ஒளி நுண்ணோக்கியின் குறைந்த காண்திறனால் இதைப் பார்க்க முடிவதில்லை. உள்தாதுவலை, இணையாக அமைந்த சவ்வுகளையும், அவற்றுக்கிடையே, இடைவெளியையும் கொண்டு இருக்கிறது. குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றத்தில் அவை வட்டமாகவோ, முட்டைவடிவிலோ, தட்டையாகவோ காணப் படுகின்றன. சில உள்தாதுவலைகள் குழாய் வடிவத்திலும், மற்றும் சில கிளைகளுடனும் உள்ளன. தட்டையான பைகள் போன்றுள்ளவை சிஸ்டர்னே (Cisternae) என அழைக்கப்படுகின்றன. அவற்றின் பக்கங்களில் ரிபோசோம்கள் இருப்பதையோ இல்லாததையோ பொறுத்து அவை கடின உள்தாதுவலை(Rough ER),மென் உள்தாதுவலை (Smooth E R) எனப் பிரிக்கப்படுகின்றன. இவை இரண்டுமே ஒன்றுக்கொன்று தொடர்புடையவை. இவைகள் காணப்படும் விகிதங்கள் வெவ்வேறு செல்களில் வேறுபடுகின்றன. உள்தாதுவலையின் வாயிலாகக் கொழுப்புகள், புரதங்கள் போன்றவை கடத்திச் செல்லப்பட்டுப் பல பாகங்களுக்கும் அனுப்பப் படுகின்றன. சிலவற்றில் இத்தகைய பொருட்கள் வெகுகாலம் சேமித்து வைக்கப்படுகின்றன. வரித்தசைகளில் (Striped muscles) இவை ஒரு சிறப்பான வடிவம் தாங்கி, சார்க்கோப்பிளாசவலை (Sarcoplasmic reticulum) எனப் பெயர் பெறுகின்றன. நரம்புகளின் உணர்வையும், தசைச் சுருக்கத்தையும் இவை இணைக்கப் பயன்படுகின்றன.

உள்தாதுவலை செயலற்ற நிலையில் பொருட்களைக் கடத்தும் கால்வாயாக மட்டும் பயன்படுவதில்லை. அதனுள் பலவகையான நொதிகள் உள்ளன. இவை ஸ்டீராய்டுகளின் (Steroids), சேர்க்கை போன்ற வளர்சிதை மாற்ற நிகழ்ச்சிகளில் ஈடுபடுகின்றன.

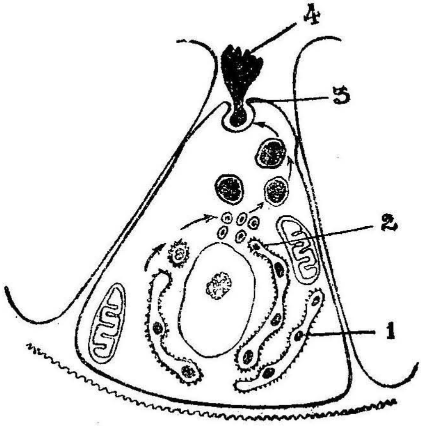


படம் 18
கடின துகள் கொண்ட உள்தாதுவலை
கணையத்திசுக்களில் உள்தாதுவலை அகன்று நீண்டு காணப்படும், அநேக சிஸ்டர்னேக்களைக் கொண்டுள்ளன.
1. உட்கரு 2. உள்தாதுவலையின் சிஸ்டர்னே
3. மைட்டோக்காண்டிரியா

## கடின உள் தாதுவலை
## (Rough E R)

உள்தாதுவலையை மட்டும் செல்லிலிருந்து தனித்துப் பிரித்தெடுக்க முடிவதில்லை. புரதச் சேர்க்கையில் ஈடுபட்டுள்ள செல்களில் கடின உள்தாதுவலை நன்கு வளர்ச்சி பெற்றிருக்கும். சீமை எலியின் (Guinea pig), கணைய செல்களில் இவை பற்றிய ஆராய்ச்சிகள் ஏராளமாக நடந்துள்ளன. பல நுண்முறைகளைக் கையாண்டு செரிக்கும் நொதிகளை (Digestive enzymes), உண்டாக்கும் புரதப் பொருட்கள் எத்தகைய மாற்றங்களைப் பெறுகின்றன என்று அறிந்திருக்கிறார்கள். இந்த நொதிகளை உண்டாக்கும் அமினோ அமிலங்கள், கடின உள்தாதுவலையில் காணப்படுகின்றன; பின்னர் இவை கோல்கை அமைப்பில் உள்ளன. அதன் பின்னர் சைமோஜன் துகள்களில் (Zymogen granules) இவை அமைகின்றன. இறுதியாக செல்லின் ஒரு நுனியிலிருந்து சுரக்கும் பொருட்கள் வெளியே அனுப்பப்படுகின்றன. இந்நிகழ்ச்சியைத் தெளிவாகக் கீழ்க்காணுமாறு விளக்கலாம். புரதங்கள் முதலில் பாலிசோம்களில் (Polysomes) உண்டாக்கப்படுகின்றன. அவை உள் தாது வலையின் சிஸ்டர்னேக்களில் நுழைந்து, கோல்கை அமைப்புக்கு நகர்கின்றன.

இவ்வமைப்பில் சிறு பைகளால் கடத்தப் பட்டு அடர்த்தியாக்கப் படும் குமிழிகளுக்குச் (Condensing vacuoles) செல்கின்றன. இவற்றினுள் புரதங்கள் அடர்த்தியாக்கப் படுகின்றன. இவ்வாறு சுரப்பித் துகள்கள் உருவாக்கப் படுகின்றன. பிறகு இவை செல்லின் பரப்புக்குச் சென்று எதிர் முக செல் விழுக்க முறையினுல் Exocystosis) வெளியே அனுப்பப்படுகின்றன.

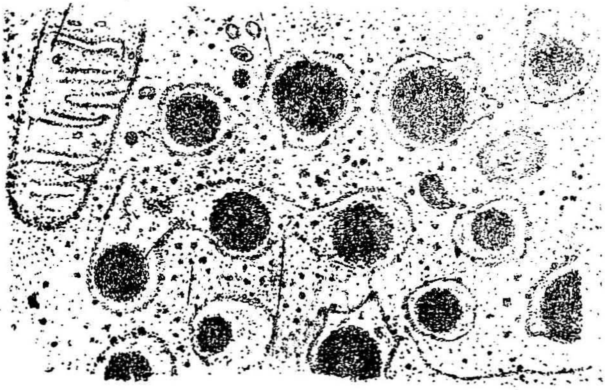



படம் 19
கணைய செல்களில் சுரக்கும் செயல்
1. உள் தாதுவலையினுள் சைமோஜன் துகள்கள்.
2. கடின உள்தாதுவலை. 3. பிளாஸ்மா சவ்வு.
4. நாளத்தின் உட்பகுதியில் சுரக்கும் பொருள் கொட்டப்படுதல்.

அடுத்து புதிதாக உண்டாக்கப்படும் புரதங்கள் எவ்வாறு ரிபோசோமிலிருந்து உள்தாதுவலைக்குள் செல்கின்றன என்ற கேள்வி பிறக்கிறது. கதிரியக்கமுள்ள (Radio active), அமினே அமிலங்களைப் பயன்படுத்தி ஆராய்ந்ததன் பயனுக, புரதங்கள் ரிபோசோமிலிருந்து நேரடியாக உள்தாது வலைக்குச் செல்வது தெளிவாக்கப் பட்டுள்ளது. இவைகள் கடத்தப்படுவதற்குக் காரணமான சக்திகள் யாவை என்பதும், உள்தாதுவலைக்குள் இவை எவ்வாறு அசைகின்றன என்பதும் இப்போது கவனத்தைக் கவரும் ஆய்வுகளாகும். பொருட்கள் மட்டும் சவ்வுகளுக்கிடையே நகர்ந்து செல்கின்றன என்ற ஒரு கருத்தும், பொருட்களைத் தாங்கிய சிஸ்டர்னேக்கள் மட்டும் நகர்கின்றன என்று மற்ருெரு கருத்தும், இரண்டுமே நகர்கின்றன என்று பிறிதொரு கருத்தும் நிலவுகின்றன. புரதக் கடத்துகை பற்றிய ஏனைய முடிவுகள் விரைவில் கிடைக்கக் கூடும்.

## உள்தாதுவலையில் காணும் புரதங்கள்
## (Protein contents of E R)

உள்தாதுவலையினுள்ளே புரதம் திரண்டிருத்தலை ஒரு சில செல்வகைகளில் மட்டுமே காணமுடியும். சில செல்களில் உள் தாதுவலையின் சிஸ்டர்னேக்களில் புரதங்கள் நன்கு அடர்த்தியாக்கப்பட்டு மிகத் தெளிவாகத் தெரிகின்றன. நாயின் கணையம், சீமை எலியின் கணையம் போன்ற சுரப்பிச் செல்களின் உள்தாது வலையில் சுரப்பித் துகள்கள் தென்படுகின்றன. செல்வேதியியல் முறைகளைக்கையாண்டு உள்தாதுவலையினுள்ளே புரதம் இருப்பதை விளக்கலாம்.



படம் 20

சிஸ்டர்னுவின் பெரிதாக்கப்பட்ட தோற்றம்

கணைய செல்களில் உள்ள உள்தாதுவலையின் சிஸ்டர்னு பெரிதாகக் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஒவ்வொரு சிஸ்டர்னுவையும் சூழ்ந்து ரிபோசோம்களும், உட்புறம் புரதப்பொருட்களும் அமைந்திருக்கக் காணலாம்.

புதிதாக உண்டாக்கப்படும் எதிர்ப் பொருட்கள் (Antibodies), எந்த இடங்களில் சேமிக்கப்படுகின்றன என்றறிய சில பரிசோதனைகள் செய்யப்பட்டன. எதிர்த்தோன்றிகளை (Antigen), முயலின் உடலுக்குள் செலுத்தி, இப்பொருட்கள் உள்தாதுவலையின் அகன்ற பைகளான சிஸ்டர்னேக்களில் சேமிக்கப்படுவதாக அறிந்திருக்கிறார்கள்,

அடுத்ததாகக் கடின உள்தாது வலையின் அகன்ற பகுதிகளுக்குப்பல்வேறு புரதங்களை உண்டாக்கும் திறன் இருக்குமோ என்ற

கேள்வி பிறக்கிறது. இத்தகைய இடங்கள் குறிப்பிட்ட புரதச் சேர்க்கையில் ஈடுபடுமானால், எவ்வாறு பாலிசோம் உள்தாதுவலை உறவுகள் கடத்தப்படுகின்றன என்பதை அறிவது சுவையான தாகும். ஆராய்ச்சியிலுள்ள மற்றொன்று உள்தாது வலைக்குள் பல் வேறு பொருட்கள் நகர்வது எவ்வாறு கட்டுப் படுத்தப்படுகிறது என்பதாகும். பல்வேறு பொருட்களும் எவ்வாறு தனியாக வைக்கப்பட்டு, பிறகு தேவைப்படும் செல்பகுதிகளுக்குச் செல்கின்றன என்பது இனி அறியப்படவேண்டும்.

## மென் உள்தாது வலை
## (Smooth ER)

கடின உள்தாதுவலை புரதச்சேர்க்கை நடைபெறும் செல்களில் நல்ல வளர்ச்சி கொண்டிருப்பதாக மேலே கண்டோம். மென் உள்தாதுவலை ஸ்டீராய்டுகள் (Steroids) சுரக்கப்படும் செல்களில் மிகவும் நன்கு வளர்ந்து காணப்படுகிறது. எடுத்துக்காட்டாக அட்ரினல் சுரப்பிகளின் (Adrenal glands) ஹார்மோன்களைச் சுரக்கும் பகுதிகளில் இவை நிறைந்து உள்ளன. ஸ்டிராய்டு சேர்க்கையில் (Steroid synthesis) ஈடுபடும் ஆதாரமான நொதிகள் உள்தாதுவலையில் கண்டெடுக்கப்பட்டுள்ளன. கல்லீரல் செல்களில் உள்தாதுவலை நுண்குழாய்களும், பைகளும், கிளைகோஜன் துகள் களுடன் நெருங்கிய உறவு கொண்டுள்ளன. சிலர் இவை கிளைகோஜன் வளர்சிதை மாற்றத்துடன் தொடர்பு கொண்டு இருப்பதாகக் கூறியுள்ளனர்.

கல்லீரல் செல்களில், மென், கடின உள்தாது வலைகள், நச்சுப் பொருட்களான ஃபினோபார்பிடால் (Phenoharbital) போன்ற வற்றைச் சிதைக்கின்றன. இதனை நச்சு நீக்கம் (Detonification) என அழைக்கிறார்கள். நச்சுப் பொருளைச் செல்லுக்குள் செலுத்திய வுடன் மென் உள்தாதுவலையும் அதனைச் சேர்ந்த நொதிகளும் ஏராளமாகத் தோன்றுகின்றன. பிறக்கின்ற நேரத்தில் எலிகளின் கல்லீரல் செல்களில் பெரும் மாறுதல்கள் நிகழ்கின்றன. பிறப்புக்கு முன்னர் அதிக அளவில் கடின உள்தாதுவலை காணப் படுகிறது; ஆனால் பிறந்த பின்னர் மென் உள்தாதுவலை அதிகமாக உண்டாகின்றன. இந்நிகழ்ச்சிகள் உள்தாதுவலைகளின் தோற்றம், அவைகளிடையே உள்ள உறவுகள் (Inter relationships) போன்ற வற்றைப் பரிசோதனை வாயிலாக உணர வழி வகுக்கின்றன. கடின உள்தாது வலைகள் ரிபோசோம்கள் அகற்றுவதனால் மென்தாது வலைகளாக மாறிவிடுகின்றன எனத் தெரிகிறது.

## உள்நாது வலையும் கோல்கை அமைப்பும் (ER and Golgi complex)

புரதங்கள், கொழுப்புகள் முதலியவை உள் தாது வலையி லிருந்து கோல்கை அமைப்புக்குச் செல்கின்றன. ஆனால் இவைகளைக் கடத்தும் செய்கை பல்வேறு செல்வகைகளிலும் பல்வேறு பொருட்களுக்கும், பல்வேறு உட்செயல் நிலைகளிலும் மாறுபடு, கின்றது. ஆனால் கடத்தப்படும் பொருட்கள் சவ்வுகளுக்கிடையே எப்போதும் இருப்பதற்குச் சான்றுகள் உள்ளன. உள் தாதுவை விட்டு அவை வெளியேறி ஹயலோப்பிளாசத்துக்குச் (hyaloplasm) சென்று பிறகு கோல்கைப் பொருளை அடைவதாகக் கருத ஆதார மில்லை.

உள் தாது வலைக்கும் கோல்கைப் பொருளுக்குமிடையில் கடத் தும் தொழிலைச் செய்ய நுண் பைகள் துணை செய்வதாக நம்பப்படு கிறது. பெரும்பான்மையானவற்றில் உள் தாது வலை மொட்ட மைத்து நுண்பைகளை உண்டாக்குகிறது. பிறகு இப் பைகள் கோல் கைப் பொருளின் பைகளுடன் இணைந்து விடுகின்றன. சீமை எலி யின்கணைய செல்களில் நுண்பைகள் கோல்கை அமைப்பைக் கடந்து சென்று அருகிலுள்ள அடர்த்தியாக்கும் குமிழிகளை அடைகின்றன.

கோல்கை அமைப்புக்கு அருகில் பல மென் உள்தாது வலைகள் அமைந்துள்ளன. இவைகளிலிருந்து முன் குறிப்பிட்ட நுண் பைகள் உண்டாகின்றன. இதைத் தவிர உள்தாது வலையின் பெரும் பகுதிகள் நேரடியாக கோல்கை அமைப்புக்குச் சென்று அங்கு சிஸ்டர்னேவாக மாறுகின்றன என்று கருதப்படுகிறது. உள்தாது வலையிலிருந்து சிறு பைகள் கோல்கை அமைப்புக்குச் செல்லுதலும் அதன் ஒரு பகுதி சிஸ்டர்னேவாக மாறுதலும் இச்சவ்வுகள் அசை யும் தன்மை பெற்றிருப்பதைச் சுட்டிக் காட்டுகின்றன.

சில வகையான செல்களில் கோல்கை அமைப்புக்கு அருகில் ஒரு புதுமையாகி மென்மை வாய்ந்த நுண்குழாய்களும், சிஸ்டர் னேக்களும் உள்ளன. உள்தாதுவலையின் சவ்வுகளுக்கிடையே திர ளும் துகள்கள் இவற்றில் காணப்படுகின்றன. இவைகளின் தொகுப்பு, கோல்கை, அமைப்பு, உள்தாதுவலை ஆகிய இரண்டுட னும் தொடர்பு கொண்டுள்ளது. உள்தாதுவலையில் சேர்க்கை செய்யப்படும் பொருட்கள் அடர்த்தியாக்கவும், வடிவம் கொடுக்க வும் இவை பயன்படக்கூடும்.

## ரிபோசோம்கள்
## (Ribosomes)

ரிபோசோம்களின் பண்புகள் பல்வேறு நுண் முறைகளினுல் ஆராயப்பட்டுள்ளன. எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் உருண்டையானவையாக இவை தோன்றுகின்றன. 150-250Å அளவு விட்டமுடையவையாக இவை உள்ளன. இவற்றில் இருதுணை அலகுகள் (Sub units) அமைந்துள்ளன. பல்வேறு முறைகளைக் கையாண்டு இத்துணை அலகுகளைப் பிரிக்க முடியும். எடுத்துக் காட்டாக சூழ் நிலையில் $Mg^{2+}$ அடர்த்தியைக் குறைப்பதனுல் இவை பிரிந்து விடுகின்றன. இத்துணை அலகுகளின் அளவு வேறு படக் கூடும். பொதுவாக ரிபோசோம்களின் அளவை மையவிலக்கத்தின்போது அவை வீழ்ப்படியாக மாறும் வேகத்தைப் பொருத்து நிர்ணயிக்கிருர்கள். இவ்வாறு அளக்கும் வேகத்தின் அலகு, ஸ்வெட்பெர்க் அலகு (Svedberg Unit) அல்லது 'S' என வழங்கப்படுகிறது.

வளர்நிலை செல்களின் ரிபோசோம்கள் 80sல் வீழ் படிவாகின்றன; அவற்றின் மூலக் கூறு எடை 50 இலட்சமாக இருக்கும். மற்ற செல்களில் இவ் வளவுகள் வேறுபடக் கூடும். ரிபோசோமின் இரு அலகுகளில் பெரியவை 60s, சிறியவை 40s அலகுகளிலும் வீழ் படிவு செய்கின்றன. ரிபோசோமின் 60-70 சதவீத எடைக்கு பெரிய அலகுகள் காரணமாகின்றன. பெரிய அலகுகளில் உள்ள 'ஆர் என் ஏ' வின் மூலக் கூறு எடை சிறியவற்றை விட இரண்டு மடங்காக அமைந்து, 15இலட்சமாக உள்ளது. ஒவ்வொரு நியூக்ளியோடையோடும். சுமார் 300 மூலக்கூறு எடைக்குக் காரணமாகிறது; இதிலிருந்து அவற்றில் உள்ள நியூக்ளியோடைடுகளின் எண்ணிக்கையை நிர்ணயிக்க முடியும். ஒவ்வொரு துணை அலகிலும் ஹிஸ்டோன் போன்ற புரதங்கள் அடங்கியிருக்கின்றது. ரிபோசோம் ஆர் என் ஏ வும் புரதமும் ஏறக்குறைய சம அளவில் இருப்பதால் இவற்றை ரிபோ நியூக்ளியோ புரதத் துகள் (ribonucleo (protein particles) எனலாம். ஒரு தூதுவர் ஆர் என் ஏ மூலக்கூறு பல ரிபோசோம்களுடன் இணைந்து பல இடங்களில் இணைந்து காணப்படலாம். இவற்றுக்குப் பாலி ரிபோசோம்கள் (Polyribosomes) அல்லது பாலிசோம்கள் (Polysomes) என்று பெயர். தூதுவர் ஆர் என் ஏ, ரிபோசோமின் சிறிய துணை அலகிலும், புதிதாக உண்டாகும் புரதம் பெரிய துணை அலகிலும் தொடர்பு கொண்டுள்ளன.

ரிபோசோம் ஆர் என் ஏ மூலக் கூறுகள் அளவில் பெரியவை. அவை செல்களில் காணும் ஆர் என் ஏ வில் 75-90 சதவீதம் வரை காணப்படுகின்றன. புரதச் சேர்க்கையில் ரிபோசோம் ஆர் என் ஏ வின் பங்கு பற்றிய விவரங்கள் அதிகம் கிடைக்க வில்லை. அதைப் பற்றிய ஆய்வுகள் நடந்து வருகின்றன. புரதச் சேர்க்கையின் கூட்டமைப்புக்கான காரணிகளை ரிபோசோம் ஆர் என் ஏ பெற்றிருக்கக்கூடும். மேலும் இது தூதுவர் ஆர் என் ஏ, ஏற்று ஆர் என் ஏ ஆகிய இரண்டுடனும் இணைந்து அவற்றை நிலையான உறவுகளுடன் வைத்திருக்க உதவும் என எண்ணுகிறார்கள். அல்லது இதில் நொதிகள் அமைந்து புரதச் சேர்க்கையில் ஈடுபடக்கூடும். ரிபோசோம்கள் புரதச் சேர்க்கையில் ஈடுபடுவதால் அவை எவ்வாறு உண்டாக்கப்படுகின்றன என்பதை அறிய ஆவல் பிறக்கிறது, சமீபகால ஆராய்ச்சிகள், இவைகளை அமைப்பதில் உட்கருமணி மிக முக்கிய பங்கு வகிப்பதாகக் காட்டுகின்றன.

## உட்கருமணியும் ரிபோசோம்களும்
## (Nucleolus and Ribosomes)

நீண்ட காலமாகவே புரதச் சேர்க்கையில் ஈடுபடும் செல்களில் உட்கருமணி மிகத் தெளிவாக உள்ளதாக அறிந்திருக்கிறார்கள். உட்கருமணி ஏராளமான ஆர் என் ஏ வை சேர்க்கை செய்ய வல்லது. முன்பு உட்கருமணியின் உள்ளே காணப்படும் ஏராளமான துகள்கள் அனைத்தும் ரிபோசோம்கள் என்று நம்பினார்கள். ஆனால் இப்போது உட்கருமணியில் மிகக் குறைந்த அளவில்தான் ரிபோசோம்கள் அமைக்கப்படுவதாகத் தெரிகிறது. இவற்றில் ரிபோசோம் 'ஆர் என் ஏ' இருந்தாலும் அவை பெரிய மூலக்கூறு அளவில் உள்ளன. அவை துண்டாக்கப்பட்டு முதிர்ச்சி நிலை அடைந்த பின்னரே உண்மையான ரிபோசோம்களாக மாறுகின்றன. இந்த மாறுதல்களில் சில உட்கரு மணியினுள்ளே நடக்கின்றன. இவை பெரிய ரிபோசோம்களாகவும், பாலிசோம் களாகவும் மாறுகின்ற இறுதிவினைகள் எங்கு எவ்வாறு நடை பெறும் என்பதை வருங்காலம் விளக்கும்.

ரிபோசோம் ஆர் என் ஏ சேர்க்கை செய்யப்படுகின்ற இடம் உட்கருமணியுடன் இணைந்துள்ள குரோமாடின் பகுதியாக இருக்க வேண்டும். இத்தகைய குரோமாடின் உட்கருமணியின் நடுவில் அமைந்துள்ள நார்ப்பகுதியாகும். இவ்வாறு உண்டாகும் ரிபோ சோம் முன்னோடிகள் உட்கருமணியின் துகள்கள் கொண்ட ஓரப் பகுதியில் ரிபோசோம் துணை அலகுகளாக மாறுதல் பெறுகின்றன.

## தனித்த ரிபோசோம்களும் இணைந்த ரிபோசோம்களும்
## (Free Ribosomes and Bound Ribosomes)

ரிபோசோம்களில் இரண்டுவகையானவற்றை அறிய முடிகிறது: சவ்வுகளுடன் (உள்தாதுவலை) இணைந்தவை, தனித்துக் காணப்படுபவை என்பவை அவையாகும். இரண்டு வகையான ரிபோசோம்களும் தூதுவர் ஆர் என் ஏவுடன் இணைந்து பாலிசோம்களை உண்டாக்கக்கூடியவை; இரண்டுமே புரதச்சேர்க்கையில் ஈடுபடக் கூடியவை; தனித்த ரிபோசோம்கள் சேர்த்த புரதத்தை ஹயலோபிளாசத்தில் விட்டுவிடுகின்றன. ஆனால் இணைந்த ரிபோசோம்கள் இதனை உள்தாதுவலையினுள் செலுத்துகின்றன.

நொதிகள், ஹார்மோன்கள் போன்றவற்றை சுரக்கும் விலங்கு செல்களில் அதிக அளவிலான இணைந்த ரிபோசோம்கள் உள்ளன. இத்தகைய புரதங்கள் கடின உள்தாதுவலையினுள்ளே சென்று சவ்வுகளால் சூழப்பட்டு ''பொட்டணங்களாக மாற்றப்படுகின்றன. இறுதியாக செல்லின் பரப்பில் இவை விடுவிக்கப்படுகின்றன. தனித்த ரிபோசோம்கள் விரைவான உள் வளர்ச்சிக்கு ஏராளமான புரதம் தேவைப்படுகிற செல்களில் காணப்படுகின்றன. இவ்வாறு அமைக்கப்படும் புரதம் சவ்வுகளால் சூழப்படுவதில்லை. சிவப்பணுக்களாக பின்னர் மாறக்கூடிய வலைச் செல்களில் (Reticulocytes), இத்தகைய ரிபோசோம்கள் இருக்கின்றன. இவை ஏராளமான ஹீமோகுளோபினை உண்டாக்கி செல்கள் முழுமையும் நிரப்பி விடுகின்றன. கல்லீரல் செல்களும் மிகுதியான புரதங்களை உண்டாக்குகின்றன. இச்செல்களில் தனித்த, இணைந்த ரிபோசோம்கள் இரண்டுமே உள்ளன.

### தொடர்ந்து படிக்க

1. Palate. G.E., In 'Enzyme Units of Biological Structure and function', Academic Press, New York 1956.

2. Porter, K.R., In 'Dynamics of Growth processes, Princeton University Press, Princeton, New Jersey 1954.

3. Syostrand, F.S., In 'Methods in enzymology', Academic Press, New York 1957.

4. Syostrand, F.S., In 'Cytology and Cell Academic Press, New York 1964.

5. Rothschild, J., In 'The Structure and functions of the membranes and surfaces of cells', Cambridge University Press 1963,

6. Hokin, L.E., and Hokin, M.R., The Chemistry of cell membranes, Scientific American offprints, W.H. Freeman and Co., San Francis Co., *1961*.

7. Porter, K.R., and Franzini-Armstrong, Clara, The Sarcoplasmic reticulum, Scientific American offprints, W.H. Freeman and Co., San Francisco 1965.

8. Roberton, J.D., The membrane of the living cell, Scientific American offprint, W.H. Freeman and Co., San Francisco., 1962.

# 6. மைட்டோக் காண்டிரியா

**(Mito chondria)**

மைட்டோக் காண்டிரியாக்கள் அல்லது காண்டிரியோசோம்கள் (Chondriosomes), எல்லாச் செல்களிலும் காணப் படுகின்ற, திட்டமான வடிவங் கொண்ட நுண்ணுறுப்புகளாகும். இவை சைட்டோபிளாசத்தில் தனித்து இயங்கும் ஆற்றல் பெற்றவை. இவை இழைகளாகவும், குச்சிகளாகவும், துகள் களாகவும் வடிவமாற்றம் பெறக்கூடியவை. இவை முதன் முறையாக ஆல்ட்மென் (Altmann, 1880) என்பவரால் கண்டறியப் பட்டன. எனவே ஆல்ட்மன் துகள்கள் என்ற பெயரால் இவை அழைக்கப்பட்டு வந்தன. பின்னர் 1897-ல் பெண்டா (Benda) என்பார். இவற்றை நிலையிறுத்த செல்களிலும் உயிருள்ள செல் களிலும் கண்டு விளக்கம் தந்தார். இவைகளை அழைக்க சுமார் ஐம்பது பெயர்கள் இருந்த போதிலும், பெண்டா அளித்த மைட்டோ காண்டிரியா என்ற பெயரே வழக்கிலிருக்கிறது. இரண்டு கிரேக்க வேர்ச் சொல்களின் (Root words) அடிப் படையாகப் பிறந்த இப்பெயர் முறையே இழை, துகள் ஆகிய வற்றைக் குறிக்கும். இரண்டு வடிவத்திலும் இவை காணப் படுவதால் இதைப் பொருத்தமான சொல் எனக் கொள்ளலாம்.

மைட்டோக் காண்டிரியாக்களின் வடிவம் உறுப்பைப் பொறுத்து மாறுபடுவதைக் காணலாம். சிறு நீரகத்தின் புறப் பகுதியில் குட்டையான குச்சிகள் போன்றோ அல்லது துகள்கள் போன்றோ இவை தோன்றும். ஆனால் குடலில் இவை இழை களாகக் காட்சியளிக்கும். சுரப்பி செல்களில், இவற்றின் வடிவம் மாறக்கூடும். நீண்டு காணப்படும் மைட்டோ காண்டிரியாக்கள் பிளவுபட்டு சிறுசிறு துகள்களை அமைக்கும். இவற்றின் கூறுக்களவு எப்போதும் நிலையாக இருப்பது குறிப்பிடத்தக்கது. வளர்ச்சி தேவைப்படும்போது, நீளம் மட்டுமே அதிகரிக்கும். சில சமயங் களில் மைட்டோ காண்டிரியாக்கள் ஒன்று சேர்ந்து, இணைவ

துண்டு. இவை காண்டிரியோஸ்பியர்கள் (Chondriospheres), எனப்படும்.

சைட்டோபிளாசத்தில், மைட்டோ காண்டிரியாக்கள் தொடர்ந்து அசைந்து கொண்டிருக்கக் காணலாம். இவ்வசைவு இருவகைகளில் உண்டாக்கப்படலாம். சைட்டோ பிளாசத்தின் சுழற்சி அசைவு காரணமாக இவை உந்தித் தள்ளப்படலாம். அல்லது மைட்டோகாண்டிரியாக்களே நெளிந்து செல்வதால் அசைவு தோன்றலாம். லூயிஸ் (Lewis, 1924), என்பார் செல் சவ்விலிருந்து இவை உட்கருவிற்குச் சென்று மீண்டும் வருவதைக் கண்டிருக்கிறார்.

போலிகார்டு மற்றும் மாங்கிநொட் (Policard and magenot), ஆகியோர், மைட்டோகாண்டிரியாக்கள் வெப்பத்தை உணரும் தன்மையுள்ளவை என அறிந்திருக்கிறார்கள். சுமார் 48-50°C வெப்பத்தில் இவை உருகிவிடக்கூடியவை என்றும்அவர்கள் குறிப் பிட்டுள்ளார்கள். கடுமையான வெப்பம் காரணமாக தாவரங்கள், மீன், தவளை, முயல் போன்றவற்றின் மைட்டோகாண்டிரியாக்கள் நசித்துப்போவதற்கு ஆதாரங்கள் உள்ளன.

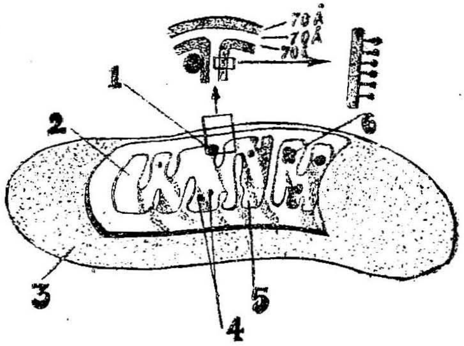
## காணுமிடங்கள்

எல்லா உயிருள்ள செல்களிலும் மைட்டோக்காண்டிரியாக்கள் காணப்படுகின்றன. அமீபாவிலும் (Amoeba), கூட இவை காணப் படுகின்றன. ஆயினும் இவை பாக்டீரியாக்களில் உள்ளனவா என்ற ஐயப்பாடு எழுந்துள்ளது. செல்களில் காணப்படும் இவற்றின் எண்ணிக்கையை நிர்ணயிப்பதில் சிரமங்கள் உள்ளன. இருப்பினும், தர்லோ (Thurlow, 1917), வெள்ளெலியின் நரம்பு செல்களில் இவற்றை அளக்கமுற்பட்டார். ஒரு குறிப்பிட்ட சைட்டோபிளாசத்தின் கொள்ளளவில், நிலையான எண்ணிக்கை அளவில் மைட்டோகாண்டிரியாக்கள் இருப்பதாக அவர் கணக் கிட்டு இருக்கிறார். செல்கள் பகுக்கும்போது மைட்டோகாண்டிரி யாக்கள் அவற்றின் நாடாவை சூழ்ந்து அமைந்து கொள்கின்றன. சைட்டோபிளாசம் பகுக்கப்படும்போது, இவைகளும் இரு சமகூறு களாகப் பிரிகின்றன.

## மைட்டோக்காண்டிரியாக்களின் அமைப்பு

மைட்டோக்காண்டிரியாக்கள் திட்டமான வடிவமும் அளவும் பெற்றவை என்பதை பீம்ஸ் மற்றும் கிங் (Beams and king, 1933) ஆகியோர் எடுத்துக்காட்டியுள்ளனர். எலியின் கல்லீரல் செல்களை நுண்மையை விலக்கக் கருவியில் (Ultra centrifuge), சுழற்றிய பின்னர், மைட்டோக் காண்டிரியாக்கள் தங்கள் பழைய வடிவத்

துடன் செல்களின் அடியில் தங்கிவிடுவதை அவர்கள் கண்டனர். இதிலிருந்து சைட்டோப்பிளாசத்தைவிட இவை அடர்த்தி மிகுந்தவை என்பதும் புலப்படுகிறது.




படம் 21

மைட்டோக் காண்டிரியாவின் அமைப்பு

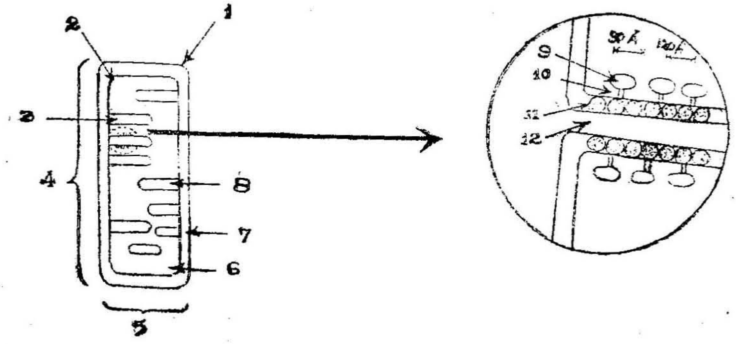
1. துகள் கொண்ட உள்சவ்வு; 2. இடையூட்டுப்பொருள்; 3. வெளிச்சவ்வு; 4. ஆர் என் ஏ; 5. உள் அறை; 6. டி என் ஏ.

மைட்டோக்காண்டிரியாக்களின் எண்ணிக்கை பல்வேறு செல்களிலும் மாறுபடுகிறது. சிலவற்றில் வெகு சிலவே உள்ளன. எலியின் கல்லீரல் செல்லில் 2500 வரையும், இராட்சத அமீபா ஒன்றில் சுமார் 10,000 வரையும் இவை காணப்படுகின்றன. அளவிலும் மாறுபாடுகள் காணப்படுகின்றன. குறுக்களவில் 0.5-1.0$\mu$ அளவும், நீளத்தில் 5—10$\mu$ அளவும் இவை இருக்கக்கூடும். மைட்டோக் காண்டிரியாக்களின் நுண்ணமைப்பை அறிதல் மிகவும் எளிது. உலர் எடையில் 25-30 சதவீதம் கொழுப்பும், 60-75 சதவீதம் புரதமும் அமைந்திருக்கும். மிகக் குறைந்த அளவில் டிஎன்ஏ, ஆர்என்ஏ ஆகியவற்றையும் இவை கொண்டிருக்கின்றன. பசுங்கணிகங்களைப் (Chloroplasts), போன்று, தன்னினப் பெருக்க ஆற்றலை இவை பெற்றுள்ளன. இச்செயலுக்கான நொதிகளையும், பிற பெரும் மூலக்கூறுகளையும் செல்லின் எஞ்சிய பகுதியிலிருந்து பெறுகின்றன.

மைட்டோக்காண்டிரியானின் அடிப்படை அமைப்பைப் படம் காட்டுகிறது. அதன் வெளி வரம்பாக அமைந்துள்ள சவ்வு, உள் சவ்விலிருந்து 60-100 Å அளவுள்ள இடைவெளியினால் பிரிக்கப் பட்டுள்ளது. உள்சவ்வு பல கிரிஸ்டே (Cristae) எனப்படும் மடிப்புகளை அமைத்துள்ளது. கிரிஸ்டேக்களின் எண்ணிக்கை,

அமைப்பு ஆகியவை, மைட்டோக்காண்டிரியான் எடுக்கப்பட்ட உறுப்பின் வளர்சிதை மாற்றச் செயல்களைப் பொறுத்திருக்கும். எடுத்துக்காட்டாக, குருத்தெலும்பிலிருந்து எடுக்கப்பட்ட மைட்டோக் காண்டிரியாவில் குட்டையான குறைந்த எண்ணிக்கையுள்ள கிரிஸ்டேக்கள் உள்ளன. சிறுநீரக மைட்டோக் காண்டிரியாக்கள் அநேக நீண்ட கிரிஸ்டேக்களைக் கொண்டுள்ளன.

உள் சவ்வினுள்ளே ஓர் இடையூட்டுப் பொருள் காணப் படுகிறது. சில நுட்பங்களைக் கையாண்டு இச்சவ்வுகளையும், இடையூட்டுப் பொருளையும் தனித்துப் பெற முடியும். இவற்றின் உதவியால், எவ்வாறு நொதிச் செயல்கள் பல்வேறு சவ்வுகளிலும், மைட்டோக் காண்டிரியானின் உள்ளறைகளிலும் திட்டமிடப் பட்டுச் செயல்படுகின்றன என்பதை அறியலாம். சிக்கல் வாய்ந்த மைட்டோக்காண்டிரியாவின் அமைப்பு, மாறுபட்ட பல வளர் சிதை மாற்றச் செயல்களை முடிப்பதற்கு ஏற்றவகையில் அமைந் துள்ளன. வளர்ந்துவரும் நுட்பங்களைக் கையாண்டு சமீப காலத்தில் அதன் பெருமூலக்கூறு அமைப்பைக் கண்டுள்ளார்கள்.



படம் 22

மைட்டோ காண்டிரியானின் வரைபடத் தோற்றம்

1. வெளிச் சவ்வு; 2. உள் சவ்வு; 3. கிரிஸ்டா; 4, 2$\mu$ நீள் பரப்பு 5. 0-5 $\mu$ அகலப்பரப்பு; 6. இடையூட்டுப் பொருள்; 7. வெளி அறை; 8. கிரிஸ்டாவின் உள்ளறை; 9. உள் சவ்வின் துகள்; 10. காம்பு; 11; எலெக்ட்ரான் கடத்தும் சாதனம்; 12. கிரிஸ்டாவின் உள்ளறை.

எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் வெட்டிய மைட்டோக் காண்டியானை ஆராயும்போது, உள் சவ்வு ஓர் ''அலகு சவ்வைப்'' போன்றே தோன்றும். ஆயினும் அது பிளாஸ்மா சவ்வை விட

மெல்லியதாகத் தோன்றும் எதிர் மறை நிறமிடுதலைக் (Negative staining) கையாளும்போது, உள்சவ்வின் உட்புறம் முழுவதும் ஏராளமான நுண்ணிய உருண்டைகள் காணப்படும். இவற்றின் அடிப்புறத்தில் குட்டையான காம்புகள் உள்ளன. இவை எளிய துகள்கள் (Elementary particles) எனப்படும். எளிய துகள்களின் மூலக் கூறு எடை 5,00,000—7,50,000 ஆகியவற்றுக்கு இடைப் பட்டது. அவற்றின் குறுக்களவு 70—90Å அளவாகும். ஆரம் பத்தில் இவை எலெக்ட்ரான் கடத்துகை (electron transport) பாஸ் ஃபாரிலேஷன் (Phosphorylation) ஆகியவற்றுக்குத் தேவையான எல்லா நொதிகளையும் உள்ளடக்கியிருப்பதாக நம்பப்பட்டது. ஆயினும் இத்தகைய நுண்ணிய அமைப்புகள் எல்லா நொதிகளை யும் பெற்றிருக்க முடியாது என்பது பின்னர் தெளிவாகியது.

இத்துகள்கள் உண்டாக்குகின்ற நொதியை $F_1$ என அழைக்க லாம். இந்நொதி பாஸ்ஃபாரிலேஷனையும், எலெக்ட்ரான் கடத்து கையையும் இணைப்பதற்குப் பயன்படுகிறது.

இதுவரை, சுவாசத் திரட்சிக்கான (Respiratory assemblies) அமைப்புகள் எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் அறியப்படவில்லை. இருப்பினும், உள் சவ்வின் நொதிகள் ஒழுங்கான முறையில் திரும் பத் திரும்ப அமைக்கப்பட்டிருப்பதை ஆய்வுகள் காட்டுகின்றன. ஒரு சதுர மைக்ரான் அளவுள்ள சவ்வின் பரப்பில் 650 சுவாசத் திரட்சிகள் இருப்பதாகக் கணக்கிட்டிருக்கிறார்கள். இவை ஒவ் வொன்றிலும் எலெக்ட்ரான் கடத்துகை, ஆக்சிகரண பாஸ்ஃ பாரிலேஷன் ஆகியவற்றுக்கான நொதிகள் திறம்பட அமைக்கப் பட்டுள்ளன.

உள்சவ்வின் முக்கியமான பகுதிப் பொருள்களில் கொழுப்புகள், அதிலும் குறிப்பாக பாஸ்ஃபோலிபிட்கள், அமைப் புப் புரதம் ஆகியவை அடங்கியுள்ளன. இப்பொருள்கள் அமைத் துள்ள பின்னல் வலையில் சுவாசத் திரட்சிகளின் நொதிகள் இணைக் கப்பட்டுள்ளன. மைட்டோக் காண்டிரியானின் சவ்வில் பிளாஸ்மா சவ்வைவிட (22-30%) அதிக கொழுப்புகள் (32% இருப்பதாகத் தெரிகிறது.

கிரிஸ்டேக்களின் உருவ மாறுபாட்டுக்கும், அவற்றின் வேலைக் கும் இடையேயுள்ள தொடர்பு நன்கு புலப்படவில்லை. வளர்ச்சி பெற்ற விலங்குகளின் செல்களில் இவை தகடுகள் போல் தோன்றுகின்றன. தொல்லுயிரிகள், ஆல்கா போன்றவற்றில் குழாய்கள் போன்றும், மற்றவற்றில் முப்பட்டை வடிவமாகவும் உள்ளன.

வெளிச்சவ்வின் அமைப்பைப் பற்றி அதிக விவரங்கள் அறியப் படவில்லை. இருப்பினும் அதில் பல்வகையான ஆக்சிகரண நொதிகள் இருப்பதாகத் தெரிகிறது. மைட்டோக்காண்டிரியாக்கள் எவ்வாறு சூழ்நிலையுடன் மூலக்கூறுகளைப் பரிமாறிக் கொள்கின்றன என்பதில் கருத்து வேறுபாடுகள் உள்ளன.

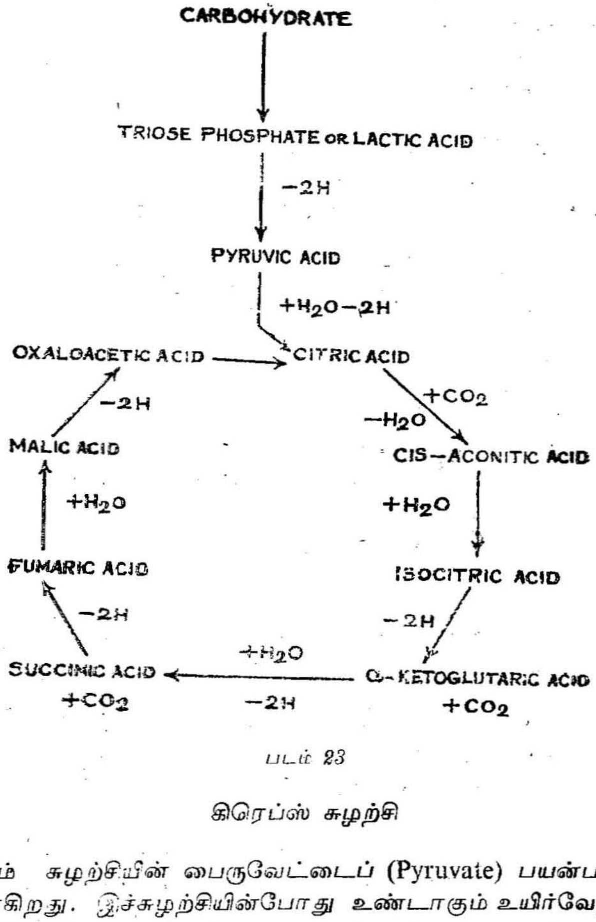
மைட்டோக் காண்டியாவுக்குள் ஏடிபி (ATP) கிரெப்ஸ் சுழற்சியின் (Krebs cycle) சில இடைப் பொருள்கள் குறைக்கப் பட்ட NAD போன்றவை மிக மெதுவாக நுழைகின்றன. பைருவிக் அமிலம் (Pyruvic acid) போன்ற மற்றவை வேகமாக நுழை கின்றன. கால்சியம் பாஸ்பேட் முதலிய சில பொருள்கள் மிக வேகமாக மைட்டோக் காண்டிரியாவினுள் சேகரிக்கப்படுகின்றன. இச்செயல்களுக்கான சாதனங்களும், தேர்வு உட்புகுதிறனில் இரண்டு சவ்வுகள் ஆற்றுகின்றபணியும் இக்காலத்தில் நன்கு ஆராயப்படுகின்றன. சில பொருட்கள் கடத்துதலுக்கு நொதி களின் உதவி தேவைப்படுகிறது, சில ஆய்வுகள், வெளிச்சவ்வு, சுரியில்லா அயான்கள் உட்புகுதலை ஊக்குவிக்கின்றது என்பதைத் தெளிவாக்கும் இடையூட்டுப் பொருளில் டி என் ஏ (DNA)வும், ரிபோசோம்களும் இருப்பதாக எண்ணப்படுகிறது.

## மைட்டோக்காண்டிரியாக்களின் நொதிகள்

நுண்முறைகளைப் பயன்படுத்தி மைட்டோக்காண்டிரியாக்களை பிரித்தெடுக்கமுடியும். இவ்வாறு பெறுகின்ற மைட்டோக் காண்டிரியாக்கள் எல்லாவற்றிலும் ஒரே மாதிரியான நொதிக் செயல்கள் இருக்கக் காணலாம். சிலவகையான நொதிகள் இவற்றில் மட்டுமே அடங்கியிருக்கின்றன. கல்லீரல் செல்களை ஆராயும்போது சக்சினுக்சிடேஸ் செயலும் (Succinoxidase Activity) சைட்டோகுரோம் ஆக்சிடேஸ் செயலும் (Cytochrome oxidase activity) )சுமார் 80% வரை மைட்டோக்கண்டிரியாக்களில் நடைபெறுவதாகக் கணக்கிட்டிருக்கிறார்கள். எஞ்சியுள்ள செல் பகுதிகளில் இவை நடைபெறுவதற்கு மைட்டோக்காண்டிரியா விலிருந்து இவை சென்று கலந்துவிடலே காரணம் எனத் தெரிகிறது. இதைப் போன்றே கிரெப்ஸ் சுழற்சிக்கான பல நொதிகளும் மைட்டோக் காண்டிரியாக்களில் இருக்கின்றன.

## கிரெப்ஸ் சுழற்சி அல்லது சிட்ரிக் அமில சுழற்சி (Krebs cycle or citric acid cycle)

வெளி மைட்டோக் காண்டிரியாச் சவ்வின் வெளிப்புறத்தில் உருண்டையான துகள்கள் உள்ளன. இவைகளிலுள்ள நொதிக்




படம் 23

கிரெப்ஸ் சுழற்சி

கூட்டம் சுழற்சியின் பைருவேட்டைப் (Pyruvate) பயன்படுத்திக் கொள்கிறது. இச்சுழற்சியின்போது உண்டாகும் உயிர்வேதியியல் எதிர்வினைகள் பைருவேட்டை கார்பன் டை ஆக்ஸைடாகக் குறைத்து விடும்போது NADPH உண்டாகிறது. பின்னர் இதைப் பயன்படுத்தி. மேலும் பல எதிர் வினைகளுக்குப் பிறகு மைட்டோக் காண்டிரியாவுக்குள் ஏடிபி உண்டாக்கப்படுகிறது.

இந்த சுழற்சியின் கண்டுபிடிப்பு உயிர் வேதியியலின் ஒரு முக்கியமான மைல் கல்லாகும் கியோர்கி, மார்டினஸ் (Gyorgi and Martinus) இந்த பிரச்சினையை முதலில் ஆராய்ந்தனர். பிறகு ஹான்ஸ் கிரெப்ஸ் (Hons Krebs, 1937) இதைத் தெளிவாக எடுத்துக் கூறி நோபல் பரிசு பெற்றார். கிரெப்ஸ் சுழற்சியின் கட்டங்கள் கீழ் வருவனவாகும்.

(1) முதலாவதாக பைருவேட் துணை நொதி 'ஏ' வுடன் (Co-enzyme A) இணைந்து அசிடைல் துணை நொதி ஏ வாக (Acety co-enzyme A) மாற்றப்படுகிறது.

(2) ஆக்சலோ அசிடேட் (oxalo acetate) அசிடைல் துணை நொதி 'ஏ'வுடன் இணைந்து சிட்ரேட்டை உண்டாக்குகிறது. இதை சுழற்சியின் உண்மையான துவக்க நிலையாகக் கருதலாம்.

(3) சிட்ரேட் ஒரு நீர்மூலக் கூற்றை இழந்து அகோனிடேட்டை (Aconitate), உண்டாக்குகிறது.

(4) நீர் சேர்க்கப்படும்போது இது ஐசோசிட்ரேட்டாக (Iso-citrate), மாற்றப்படுகிறது.

(5) ஐசோசிட்ரேட் ஆக்சிகரணம் செய்யப்பட்டு ஆக்சலோ சக்சினேட் (oxolo succenate), உண்டாகும்போது N A D P+ என்பது N A D P H ஆக மாறுகிறது. N A D P H மற்ற மைட்டோக் காண்டிரியாவின் எதிர் வினைகளில் ஈடுபட்டு ஏடிபியை உண்டாக்குகிறது.

(6) ஆக்சலோ சக்சினேட் கார்பண்டை ஆக்ஸைடை இழந்து d-ஆக்சோ குளூடரேட்டை (d-oxoglutarate), அமைக்கிறது.

(7) இன்னுமொரு எதிர்வினையின் விளைவாக, துணைநொதி ஏவைப் பயன் படுத்தி NAD விருந்து NADH தோன்றுகிறது; கார்பன்டை ஆக்சைடு விடுபடுகிறது.

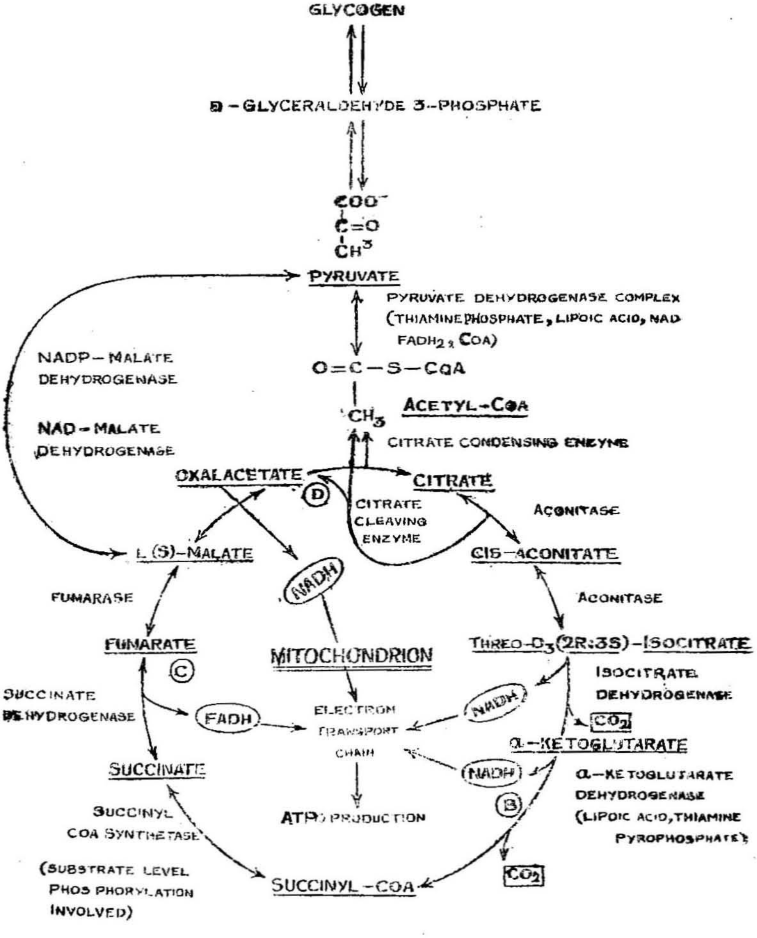
(8) சக்சினைல் துணை நொதி ஏவை சக்சினேட்டாக மாற்றும் போது, குவானேசின் டைரஸ்பேட்டிலிருந்து (G D H) ஒரு மூலக் கூறு குவானேசின் டிரைபாஸ்பேட் (G T P)உண்டாகிறது; துணை நொதி ஏ விடுபடுகிறது.

(9) இவ்வாறு உண்டாக்கப்பட்ட சக்சினேட்டில் ஒரு பகுதி பின்னர் ஏடிபியை உண்டாக்க உதவுகிறது. எஞ்சியுள்ள சக்சினேட், ஃபியூமரேட் (fumarate) டாக மாறுகிறது.

(10) நீர் சேர்க்கும் போது அது மாலேட்டாக (malate), மாறுகிறது.

(11) மாலேட் ஆக்ஸிகரணம் செய்யப்பட்டு ஆக்சலோ அசிடேட்டாக மாறுதல் பெறுகிறது. அதே நேரத்தில் NADH விருந்து இன்னுமொரு NADH மூலக்கூறு கிடைக்கிறது.

இவ்வாறு சுழற்சி தொடர்கிறது. ஆக்சலோ அசிடேட் மீண்டும் அசிடைல் துணைநொதி ஏ வுடன் சேர்ந்து சிட்ரேட்டை அமைக்கிறது. இந்தச் சுழற்சி பல சிக்கலான எதிர் வினைகளைக் கொண்டது. பல மைட்டோக் காண்டிரியான் நொதிகள் இவற்றில் ஈடுபடுத்தப் படுகின்றன.




படம் 24

கிரெப்ஸ் சுழற்சியின்போது நொதிகளின் பணிகள்

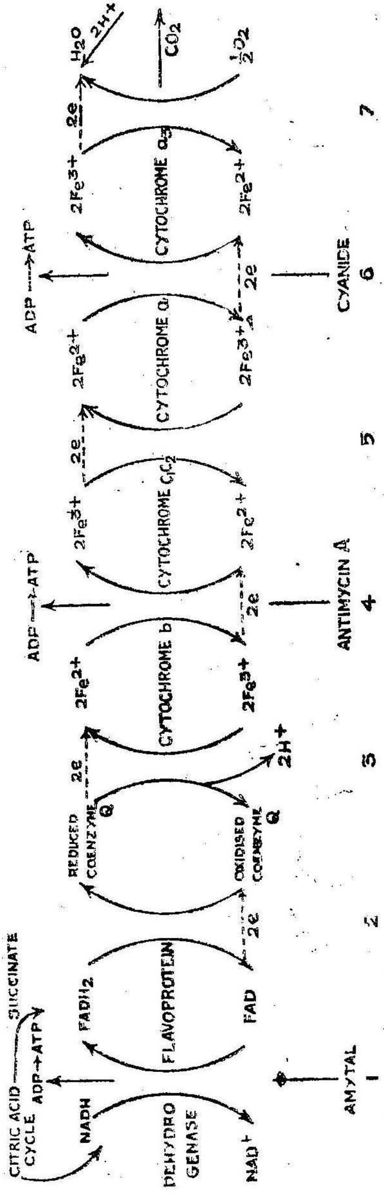
மைட்டோக்காண்டிரியானின் அமைப்பு அதன் வேலையுடன் நெருங்கிய தொடர்புடையது. கிரெப்ஸ் சுழற்சியின் வினைவாக NADH, மற்றும் சக்சினேட் கிடைக்கின்றது. இவை மிகவும் குறைக்கப்பட்ட நிலையிலுள்ள சிறு மூலக்கூறுகளாகும். எனவே அவை சைட்டோப்பிளாசத்தின் ஆக்ஸிகரண நிகழ்ச்சியிலிருந்து பாதுகாக்கப் படவேண்டும். அவை இரு சவ்வுகளின் இடைவெளி களில் நுழைந்து சென்று, உட்புறத்தை அடைந்து உட்துகள்களின் உதவியுடன் சுவாசத்தில் ஈடுபடுகின்றன. எனவேதான் வெளி அறை ஒடுங்கிக் காணப்படுகிறது. மேலும் அதனுடைய ரிடாக்ஸ் நிலை (Redox potenitial), சைட்டோப்பிளாசத்திலிருந்து அதை வேறுபடுத்தி உள்ளது. சவ்வுகளின் கொழுப்புப் பொருட்கள் இத்தகைய பாதுகாப்புக்குப் பயன்படுகின்றன. எதிர் வினைகள் சுழற்சியாக நடைபெறுவதால் நொதிகள் பலவற்றைத் தொகுத்து வைத்திருப்பது பயனளிப்பதாகும்.

கிரெப்ஸ் சுழற்சியின் பல்வேறு நிலைகளில், ஒரு பைருவேட் மூலக்கூறு, இரண்டு NADH மூலக்கூறுகள், ஒரு NADPH மூலக் கூறு, ஒரு ஜிடிபி மூலக்கூறு, ஒரு சக்சினேட் மூலக்கூறு ஆகியவை உண்டாக்கப்படுகின்றன. இவையனைத்தும் சக்தி கடத்துபவை யாக உபயோகிக்கப்படுகின்றன. இறுதியாக ஏடிபியில் சக்தி முடக்கப்படுகிறது.

## சுவாசச் சங்கிலி
## (Respiratory chain)

சுவாசச் சங்கிலி கிரெப்ஸ் சுழற்சி நொதியிலிருந்து சக்சினேட், NADH ஆகியவற்றைப் பெற்றுக் கொள்கின்றன. ஆக்சிஜனுடன் சேர்ந்து இச்சங்கிலி பல ஏடிபி மூலக்கூறுகளை அமைத்து, கார் பன்டைஆக்ஸைடையும் நீரையும் உண்டாக்குகிறது. NADH, சக்சினேட் ஆகியவற்றிலுள்ள எலெக்ட்ரான்கள் சங்கிலியினருகில் செல்லும்போது தங்கள் சக்தியை வெளிப்படுத்துகின்றன. இச் சக்தி ADPயை ATP ஆக மாற்றுவதற்குப் பயன்படுகிறது.

ஆக்ஸிகரண எதிர்வினைகளில் ஈடுபடும் நொதிகள் அனைத்தும் மைட்டோக்காண்டிரியாக்களின் காம்புகள் கொண்ட துகள்களில் அமைந்திருக்கின்றன. அவை ஒழுங்கான வரிசையாக அமைந்து காணப்படுகின்றது. சங்கிலியின் துவக்கம் காம்புகளின் அடிப் புறத்தில் நிகழ்கிறது. இங்குதான் அவை வெளிச்சவ்விலிருந்து கிரெப்ஸ் சுழற்சியின்போது ஊடுருவ வரும் NADH ஐத் திரட்டு கின்றன. சங்கிலியின் ஒவ்வொரு நிலையிலும் ஓரளவு ஆக்ஸி கரணமும், ரிடாக்ஸ் நிலையின் மாற்றமும் நிகழ்கின்றன.

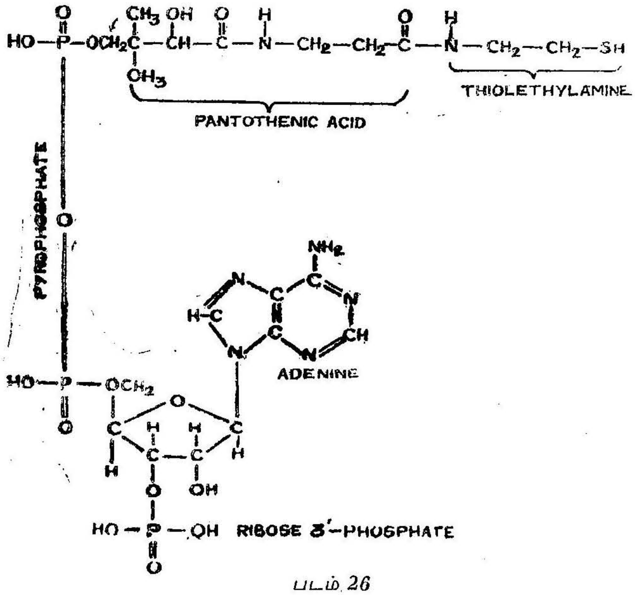



படம் 25
சுவாசச்சங்கிலி

எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியியல் வல்லுநர்களான ஃபெர்ணண்டஸ், மோறன் (Fernandex-Moran), மற்றும் உயிர் வேதியியல் வல்லுநர்களான கீலின் (Keilin), கிங் (King), லேனிஞ்சர் (Lehninger), ஹார்ட்ரீ (Hartree), ஆகியோர் சுவாசச் சங்கிலியைப் பற்றிய ஆராய்ச்சிகள் நிகழ்த்தியுள்ளார்கள். சுவாசச் சங்கிலியில் காணும் நிலைகள் கீழ்வருமாறு அமைந்துள்ளன.

1. NADH, சக்சினேட் மூலக் கூறுகள் மைட்டோக் காண்டிரியானின் இரு சவ்வுகளுக்கு மிடையில் புகுந்து செல்கின்றன. அவை வெளியில் காணப்படும் கிரெப்ஸ் சுழற்சிக்கான நொதிகளுக்கும், உள்ளே காணப்படும் சுவாசச் சங்கிலிக்கான நொதிகளுக்கு மிடையே இணைப்புகளாக இவை பயன்படுகின்றன. NADH ஆக்ஸிகரணம் பெற்று NAD+ ஆக மாறி கிரெப்ஸ் சுழற்சிக்குத் திரும்பிவிடுகிறது. இவ்வாறு ஃபிளேவின்-அடினேன் டைநியூக்ளியோடைடு (FAD or Flavin-adenine ninucleotide) என்னும் ஒரு துணை நொதி குறைக்கப்படுதல் நிகழ்கிறது. இது ஒரு நொதிகிரியா ஊக்கியுடன் நிரந்தரமாக இணைக்கப் பட்டிருக்கிறது. இந்த நொதி ஒரு ஃபிளேவோபுரதம் (Flavoprotein) எனப்படுகிறது.

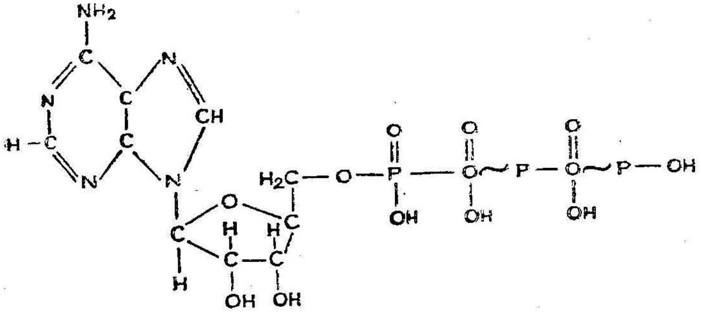
2. அடுத்த நிலையின் போது துணை நொதி Q(coenzymeQ) என்பது செயல்படுகிறது. ஆனால் இச்செயல் பற்றிய விவரம் இது வரை கிடைக்க வில்லை.




படம் 26

துணை நொதி A வின் அமைப்பு

3. மூன்றுவது நிலையில் இரும்பு கொண்ட நொதிகளான சைட்டோக்குரோம்கள் (cytochromes) ஈடுபடுகின்றன. விலங்குகளில் ஐந்து வகையான சைட்டோக் குரோம்கள் ஈடுபடுகின்றன. அவையாவன: சைட்டோக்குரோம் b, $c_1$, $c_2$, a மற்றும் $a_3$ ஒவ்வொன்றும் ரிடாக்ஸ் நிலையில் சற்று வேறுபடுகின்றன. சைட்டோகுரோம் $a_3$ இறுதி நிலையாக எலெக்ட்ரான்களை ஆக்ஸிஜனும் சேர்த்து, இதனை முன்னர் சங்கிலியில் வெளியான ஹைட்ரஜன் அயான்களுடன் இணைக்கிறது. இதன் விளைவாக நீர் உண்டாகிறது. இந்த ஒரு நிலையில் மட்டும் தான் ஆக்ஸிஜன் உதவியுடன் காற்றுச் சுவாசம் (aerobic respiration) நடைபெறுகிறது.



படம் 27

அடினேசின் டிரைபாஸ்ஃபேட்

## ஆக்சிகரண பாஸ்ஃபாரிலேஷன்
## (oxidative phosphorylation)

சுவாசச் சங்கிலியின் பல நிலைகளில் உண்டாக்கப்படும் சக்தி ஏடிபி (ADP)யிலிருந்து ஏடிபி (ATP) உண்டாக்குவதற்குப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இந்த எதிர் வினையின் போது சக்தி ஏடிபி (ATP) யில் சேமிக்கப்படுகிறது. ஏடிபி (ATP)யை உண்டாக்கும்செயலுக்கு ஆக்சிகரண பாஸ்ஃபாரிலேஷன் என்று பெயர் ஆக்சிகரணத்தின் சக்தியைப் பயன்படுத்தி ஏடிபி (ADP)யில் பாஸ்பேட் சேர்க்கப் படுவதால் இச்செயலுக்கு இப்பெயரிடப்பட்டது.

$$ADP + Pi; + \text{சக்தி} \longrightarrow ATP \quad (i = \text{அனங்கக})$$

இந்த எதிர்வினைகள் பல இடைப்பட்ட நிலைகள் கொண்டிருக்கின்றன. ஆனால் இவை இன்னும் அறிந்து கொள்ளப்படவில்லை.

சுருக்கமாகக் கூறுவதானால். சுவாசச் சங்கிலியின் போது பல்வேறு துணைநொதிகள் சைட்டோக் குரோம்கள் ஆகியவற்றின் குறைக்கப்பட்ட மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை படிப்படியாகக் குறைவதைக் காணலாம். ஒவ்வொரு நிலையிலும் உள்ள ரிடாக்ஸ் நிலையின் மாற்றம் பல்வேறு நிலைகளில் ஏடிபி (ATP) சேர்க்கையின் போது உண்டாகும் மொத்த சக்தி மாறுதலைக் குறிப்பிடுகிறது, குளுகோசைப் பயன்படுத்தும் செல், *1* மூலக்கூறு குளுக்கோசுக்கு *38* மூலக்கூறு ஏடிபி (ATP)யை உண்டாக்குகிறது.

## தொடர்ந்து படிக்க

1. Lehninger A.L,. Energy transformation in the cell, Scientific American offprints, W.H. Freeman and Co., San Francisco 1960.

2. Racker, E., The membrane of the Mitochondrion, Scientific American offprints, W.H. Freeman and Co., San Francisco., 1968.

3. Siekevitz, P., Power house of the cell, Scientific American offprints, W.H. Freeman and Co., San Francis Co., 1957.

4. Chance B., and Wlliams, G. R., Respiratory chain and oxidative Phosphorylation, in Advances in Enzymology, Inter Science, New York 1956.

5. Novi Koff, A.B., in 'The cell' Vol II, Academic Press, New York 1961.

6. Slater, E. C., Constitution of Respiratory chain in Animal tissues in 'Advances in Enzymology' Interscience Publishers, New York 1959.

7. Green, D. E., and Fleisher, S., Mitochondrial System of enzymes, in 'Metabolic pathways' Academic Press, New York 1960.

8. Beyer, P.D., Biological oxidation, John Wiley and Sons, New York 1967.

9. Lehninger, A.L., The Mito chondrion, W.A. Benjamin, New York 1964.

10. Racker, E., Mechanism in Bioenergetics, Academic Press New York 1965.

11. Ray, P., The living Plant, Holt, Rinehart and Winston 1963.

12. Roodyn, D.B., and Wilkie, D., The Biogenesis of Mitochondria, Methuen and Co., London 1968.

13. Wolstenholme, G.E., and O' Conner, M., Principles of Bio-molecular organization, Little Brown and Co., Boston. 1966.

# 7. கோல்கைப் பொருள்

## (Golgi Complex)

கோல்கைப் பொருள் சைட்டோபிளாசத்தின் நுண்ணுறுப்புக்களிலேயே, அதிக உருவ மாறுபாடு கொண்ட ஒன்ருகும். முதன் முறையாக கோல்கை (Golgi 1898) என்பவரால் இது கண்டறியப்பட்டது. இதன் பின்னர் ஏறத்தாழ 25 ஆண்டுகள் இதன் அமைப்பு பற்றிய ஆராய்ச்சியே வெகுவாக நிலவியது. ஆனல் சமீப ஆண்டுகளில், இதன் வேலைகள் பற்றியும், கூட்டமைப்பு பற்றியும் நாட்டம் செலுத்தப்படுகிறது.

ஒவ்வொரு விலங்கின் செல்லிலும், கோல்கைப் பொருளோ அதன் தொடர்புப் பொருளோ அமைந்திருக்கக் காணலாம். போவன் (Bowen, 1928) என்பவரின் ஆராய்ச்சி, கோல்கைப் பொருள் தாவர செல்களில் ஆஸ்மியோபிலிக் நுண்தகடுகளாக (Osmiophilic platelets) இருப்பதாகக் காட்டுகிறது. ஆல்காக்கள் காளான்கள், பாக்டீரியாக்கள் ஆகியவற்றில் கோல்கைப் பொருள் இருப்பதாக நிரூபிக்கப்படவில்லை. எனினும் தொல்லுயிரிகளில் இது இருப்பதாகத் தெரிகிறது. குறிப்பாகத் தவளையின் உடலில் ஒட்டுண்ணியாக (parasite) வாழும் ஒபலேனு (opalina) வில் இது நன்கு காணப்படுவதாக ஹார்னிங், ரிச்சர்ட்சன் (Harning and Richardsan, 1929) ஆகியோர் விளக்கியுள்ளனர். குறு இழை உயிரிகளின் (Ciliates) சுருங்கு குமிழிகளைச் சூழ்ந்து இது அமைந்திருப்பதாக ஸ்மித் (Smyth, 1941) கூறுகிருர்.

### அமைப்பு

முதுகெலும்புள்ள விலங்குகளின் செல்களில், கோல்கைப் பொருள், உட்கருவுக்கு அருகில் நெருக்கமான பின்னல் வலை போன்று அமைந்துள்ளது. இருப்பினும் செல்லின் நிலைக்குத் தக்கவாறு இதன் தோற்றமும் மாறக்கூடும். அருகிலுள்ள

இருசெல்களின் கோல்கைப் பொருள்கள் உருவத்தில் ஒத்திருப்ப தில்லை. வளர்ச்சியுறும் பால் செல்களில் இது குச்சிகள் போன்றும், துகள்கள் போன்றும் காணப்படுகிறது. முதுகெலும்பற்ற வைகளிலும் இதே நிலை காணப்படுகிறது.

பாலிஸ்டர் (Pollister, 1957) சகோதரர்கள் கோல்கைப் பொருளின் அமைப்பைப்பற்றி ஆழ்ந்து அறிந்திருக்கிறார்கள். அவர்கள் கருத்துப்படி இது மெல்லிய படிவம் போன்ற அமைப் புடையது. கோல்கைப் பொருள், உட்கருவைச் சூழ்ந்து அமைந் துள்ள பல தட்டையான படிவங்களால் ஆனது என்று கூறியுள்ளனர். அவர்கள் இப்படிவங்களை அளக்க முற்பட்ட போது, இவை 1 மைக்ரானைவிடக் குறைந்த கனமுள்ளவை யாக இருக்கக் கண்டனர். கோல்கைப் பொருளை எளிதில் நசுக்க முடியும். அழுத்தத்தை அகற்றியவுடன் இது மீண்டும் பழைய வடிவம் பெறுகிறது. எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் உதவி யின்றிப் பாலிஸ்டர் சகோதரர்கள் கூறியுள்ள விளக்கங்கள் மிகவும் துல்லியமானவை எனலாம்.

எதிர்முகப் பகுப்பின்போது கோல்கைப் பொருள் சிறு துகள் களாக உடைபட்டு சைட்டோப்பிளாசம் முழுவதும் விரவிப் பரவு கின்றன. சைட்டோப்பிளாசப் பகுப்பின்போது கோல்கைப் பொருளும் சமமாகப் பங்கிடப்படுகிறது. ஒளி நுண்ணோக்கியில் காணும்போது கோல்கைப் பொருளில் இரு பகுதிகள் தெளிவாகப் புலப்படுகின்றன. இவற்றில் வெளிப்பகுதி ஆஸ்மியம் (Osmium) வெள்ளி ஆகியவற்றின் உப்புக்களை விரும்பி ஏற்பதாகவும், உட் பகுதி அவற்றை ஒதுக்கக் கூடியதாகவும் உள்ளன.

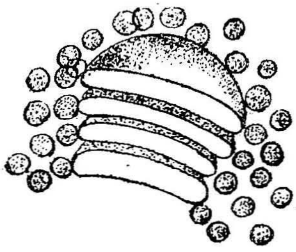
நிலைநிறுத்திய செல்லில் காண்பது போன்று திட்டமான பின் னல் வலைத்தோற்றம் உயிருள்ள செல்லில் இருப்பதில்லை. என்று ஹிப்பர்டு (Hibbard, 1945) எடுத்துக்காட்டினார், நுண் அறுவை முறைகளைக் (micro dissection) கையாண்ட சேம்பர்ஸ். (Chambers, 1924) சவ்வுகளோ, குமிழிகளோ குறிப்பிட்ட இடங்களில் தென் படவில்லை என்று தெரிவித்தார். இக்கூற்றுகளினால் சிலர் கோல் கைப் பொருள் என்ற ஒன்றே கிடையாது என்ற முடிவுக்கு வந் தனர். இவைகள் புலப்படாமைக்கு இவற்றின் ஒளி முறிவுக் காட்டியும் சைட்டோபிளாசத்தின் ஒளி முறிவுக்காட்டியும் சமமாயிருத்தலே காரணம்என்று ஹிர்ஷ் (Hirsh 1939) விளக்கம் தந்தார்.

பல ஆராய்ச்சியாளர்கள் கோல்கைப் பொருள் பைகளாலான அமைப்பைக் கொண்டிருப்பதாகத் தெரிவித்தனர், ஓர்லி (Worley,

1944) என்பவர் இதற்கு எடுத்துக்காட்டாக மெல்லுடலிகள் (Mollusca) முது கெலும்புள்ளவை ஆகியவற்றின் செல்களைக் குறிப்பிட்டார். இக்கருத்தை ஆதரித்த பேக்கர் (Baker, 1944) கோல்கைப் பொருள் நான்கு பகுதிகளைக் கொண்டிருப்பதாகக் கூறினர். (1) நடுநிலை சிவப்புக் குமிழிகள் (2) அடர்ந்த கொழுப்புக் கொண்ட பொருட்கள் (3) பரவிக்காணும் கொழுப்புக் கொண்ட பொருட்கள் (4) கோல்கை சுரப்பிப் பொருள் குமிழிகள் குறைந்த அளவு புரதம் உள்ள உருண்டையான அமைப்புகள் என்றும் அவர் விளக்கினர்.

இவ்வாறு பலவகைக் கருத்துக் குழப்பங்கள், எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் ஆராய்வதற்கு முன்னர் நிலவி வந்தன. டால்டன் மற்றும் ஃபெலிக்ஸ் (Dalton and Felix, 1954) ஆகியோர் எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியைப் பயன்படுத்தி கோல்கைப் பொருள் என்ற நுண்ணமைப்பு இருப்பதைத் தெளிவாக எடுத்துக் காட்டினர். இதில் பெருத்த குமிழிகள் தட்டையான பைகள் அல்லது இணைச்சவ்வுகள் மற்றும் கூட்டமான பைகள் ஆகிய மூன்று அங்கங்கள் அடங்கியுள்ளன. கோல்கைப் பொருளில் அடங்கியுள்ள கொழுப்பின் அளவு வேறுபடுகிறது. வெவ்வேறு திசுக்களில் மட்டுமின்றி ஒரே திசுவின் வெவ்வேறு செல்களில் இது மாறுபடக் கூடும்.

## டிக்டயோ சோம்கள்



படம் 28
கோல்கைப் பொருளின் முப்படைத் தோற்றம்
இதில் அகன்ற சிஸடர்னேக்களும், அவற்றின் பக்கங்களில் சிறுபைகளும், குமிழிகளும் இருக்கக் காணலாம்.

முதுகெலும்பற்ற விலங்குகளில் கோல்கைப் பொருளுக்குச் சமமான அமைப்புகள் காணப்படுகின்றன. இவை டிக்டயோசோம்கள் (Dictyosomes) எனப்படுகின்றன. இவை கோல்கைப் பொருள்களைப் போன்றே செயலாற்றுகின்றன என்று டால்டன் மற்றும் ஃபெலிக்ஸ், பீம்ஸ் (Beams, 1956) ஆகியோர் எடுத்துக் கூறியுள்ளனர். சமீபகால ஆராய்ச்சிகள், கோல்கைப் பொருளின் சவ்வுகள், சைட்டோப் பிளாசத்தின் விரவிக் காணும் சவ்வு மண்டலத்துடன் கொண்டவை எனக் குறிப்பிடுகின்றன.

ஜோஸ்ட்ராண்டு மற்றும் ஹான்சன் (Sjostrand and Hanzon, 1954) ஆகியோரது கருத்துப்படி கோல்கைப் பொருளின் சவ்வுகள்

60Å கனமுள்ளவை. சவ்வுகளின் ஓரங்களில் இணைப்புகளும், அவற்றைத் தொடர்ந்து விரிவடைந்த பகுதிகளான குமிழ்களும் இருக்கின்றன. இரு இணைச் சவ்வுகளுக்கிடையில் காணும் தூரம் 60Å அளவாகும். இச்சவ்வுகளனைத்தும், ஒரே அடர்த்தி கொண்ட, வடிவமில்லாத, ஓர் இடையூட்டுப் பொருளில் புதைக்கப் பட்டுள்ளன. ஆயினும் சில வகை இடையூட்டுப் பொருளில் மெல்லிய இழைகளும், துகள்களும் இருக்கக் கூடும். கோல்கைப் பொருட்கள் தோற்றத்தில் உள்தாது வலையைப் போன்றிருப்பினும், அவைகளுக்கிடையில் இரண்டு திட்டமான வேற்றுமைகள் உள்ளன.

(1) உள்தாது வலையின் சவ்வுகளுக்கிடையில் அகன்ற 150A அளவுள்ள இடைவெளி உள்ளது. ஆயின் கோல்கைப் பொருளில் இதனளவு 60Å ஆகும். (2) உள்தாது வலையின் சவ்வுகள் வெளிப் புறங்களில் ரிபோசோம்களைக் கொண்டுள்ளன. இவை கோல்கைப் பொருளில் இருப்பதில்லை.

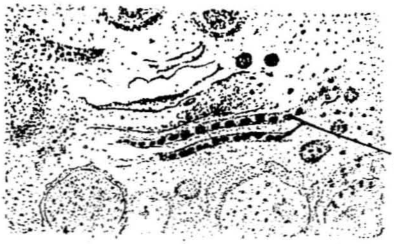
கோல்கைப் பொருளின் அமைப்பு பல்வேறு வகைப்பட்ட விலங்கு செல்களிலும் ஒரே மாதிரியாக இருக்கக் காணலாம். எடுத்துக்காட்டாக தரை செல்கள், சுரப்பி செல்கள், நரம்பு செல்கள் ஆகிய அனைத்திலும் இவை ஒத்த வடிவத்தில் இருக்கக் காணலாம்.

## கோல்கைப் பொருளின் வேதியல் பண்பு
## (Chemical nature of the Golgi Complex)

கோல்கைப் பொருள் ஆஸ்மியம் டெட்ராக்சைடைக் (Osmium Tetroxide), குறைக்கும் திறன் கொண்டது. இதிலிருந்து கோல்கைப்பொருளில் கொழுப்பு அமிலங்களும், கொழுப்புகளும் இருப்பதாகப் பல வல்லுநர் முடிவெடுத்தனர். இருப்பினும் இதை முழுவதும் உண்மை என்று ஒப்புக்கொள்வதில்லை. இவ்வாறு குறைக்கும் திறன் வைட்டமின் சி (Vitamin C), போன்றவற்றிற்கு இருப்பதால் அவற்றில் கொழுப்புப்பொருள் இருப்பதாகக் கூற முடியாது.

நீண்ட காலத்துக்கு முன்னரே நாத் (Nath, 1925), என்பார், கோல்கைப்பொருளில் புரதம் இருப்பதாகக் கூறினர். சியாஷியோ (Ciaceio, 1910), புரதத்துடன் கொழுப்பும் இணைந்துகாணப்படுவதாகக் குறிப்பிட்டார். இக்கூற்று இன்றும் ஒப்புக் கொள்ளப்படுகிறது. மற்றும் சிலர் வைட்டமின் சி சில கோல்கைப்பொருட்களில் இருப்பதாகக் கூறியுள்ளனர். சமீபத்தில் டால்டன் மற்றும் ஃபெலிக்ஸ் (Dalton and Felix, 1954), ஆகியோர் கோல்கைப்

பொருளை விந்துக்குழாய் முடிச்சிலிருந்து (epididyomis), பிரித்தெடுத்து அதன் கூட்டுத்தன்மை பற்றிய விளக்கங்களைத் தந்துள்ளனர். அதில் ஒரு பகுதி சூடான் கறுப்பினால் (Sudan black), நிறமிடப்படுவதால் அப்பகுதியில் கொழுப்புப் புரதம் (lipo protien), காணப்படுகிறது. தூண்திசுச்செல்களின் (Columnar epithelial) கோல்கைப்பொருளில் காரத்தன்மையுள்ள பாஸ்ஃபடேஸ் (Alkaline phosphatase) உள்ளது. பாலூட்டிகளின் (mammals), குடல் செல்களில் காரத்தன்மையுள்ள பாஸ்ஃபடேஸ்கள் சிறு துகள்களாகவும், மின்னல் வலைபோன்றும் தோன்றுகின்றன. பல்வேறு பாலூட்டிகளின் சிறுநீரக நுண்குழாய்கள் (Kidney-tubules), பித்தநீர் தந்துகிகள் (Bile capillars), ஆகியவற்றில் நொதித் துகள்களும் (Enzyme granules), உள்ளன. சில ஆண்டுகளுக்கு முன்னர் ஆலன் மற்றும் ஸ்லேடர் ஆகியோர் (Allen and Slater, *1961*), சில செல்களின் கோல்கைப்பொருளில் தயாமின் பாஸ்ஃபடேஸ் (Thiaonine phosphatase), என்ற பொருளும் இருப்பதாகக் கூறியுள்ளார். இது அநேகமாக எல்லாச் செல்களிலும் இருப்பதாக இப்போது நம்பப்படுகிறது. இப்பொருட்களைத் தவிர அவற்றில் சாந்தைன் ஆக்ஸிடேஸ் (Xanthine oxidase), ஃபிளாவின் அடினைன் டைநியூக்ளியோடைடு ஆகியவையும் இருப்பதாக சூ மற்றும் சுவின்யார்டு (Chu and Swinyard, *1956*), ஆகியோர் கூறுகின்றனர். அடினோசின் டிரை பாஸ்ஃபடேஸ் (ATP ase) 5-நியூக்ளியோடிடேஸ் (5 Nucliotidase), ஆகியவையும் மற்றும் பல நொதிகளும் கோல்கைப் பொருளில் இருப்பதாக நம்பப்படுகிறது. இவ்விளக்கங்களில் கோல்கைப் பொருளின் வேதியல் கூட்டமைப்பு நேரத்துக்கு ஏற்ப மாறுபடும் என்பது




படம் 29

கோல்கைப்பொருள்

கோல்கைப்பொருள் சேமிப்புக்காகப் பை வடிவத்தில் காணப்படுகிறது. அதனுள் சுரந்த பொருள் (1) இருப்பதைக் காணலாம்.

புலப்படுகிறது. எனவே கோல்கைப் பொருளை நிலையான வேதியியல் அமைப்புடையது என்று கருத முடியாது.

தெளிவாகக் காணக் கூடிய சுரப்பிப் பொருட்கள் செல்லில் முதலில் கோல்கைப் பொருளில் தோன்றுகின்றன. இது பல சுவை யான ஆராய்ச்சிகளுக்கு அடிகோலியது. மைட்டோக்காண்டிரி யாவின் பரப்பில் தோன்றும் சிறு துகள்கள் அனைத்தும் சைட்டோ பிளாசத்தின் ஊடே சென்று, கோல்கைப்பொருளின் உட்புறத்தை அடைகின்றன. அதனுள் இத்துகள்கள் முதிர்ச்சிபெற்று, ஒரு போர்வையினுல் சூழப்பட்டு, இறுதியாக வெளியே அனுப்பப்படு கின்றன. இதற்கான ஆதாரங்களை ஹிர்ஷ் (Hirsh), அளித்திருக் கிருர். துகள்கள் கோல்கைப்பொருளை அடைய உள்தாதுவலை துணைபுரிகிறது என்று கருதப்படுகிறது.

கோல்கைப்பொருள் கொழுப்பை ஆக்கித் தருவதில் முக்கிய பங்கு வகிக்கிறது என்று முன்னர் நம்பப்பட்டது. பாலே (Palay-1953), என்பார், செபேஷியஸ் சுரப்பிகளில் (Sepaceons glands), இவ்வாறு கொழுப்பு உண்டாக்கப்படுவதாகக் கூறினுர். ஆனுல் ஆழ்ந்த ஆய்வுகளுக்குப்பின்னர், விஸ் (Weiss, 1953), பாலாடே (Palade, 1956) முதலியோர், கொழுப்புப் பொருட்களான சைமோஜன் துகள்கள் (Zyomogen granules), எர்காஸ்டோ பிளாசத்தின் (Ergasto plasm), சவ்வுப்பகுதியில் தோன்றுவதைச் சுட்டிக்காட்டினுர். எனவே கொழுப்பு உண்டாக்கும் பணியைச் செய்வது எர்காஸ்டோபிளாசமே யொழிய கோல்கைப் பொருள் அன்று என்பது தெளிவு.

எனவே கோல்கைப் பொருள் உண்மையிலேயே சுரப்பிப் பொருட்களைச் சேமிக்கும் கிடங்காகப் பயன்படுகிறது எனலாம். இப்பொருட்கள் ஓரளவு இங்கு முதிர்ச்சி பெறுகின்றன.

கோல்கைப் பொருள் செல்களில் பல்வேறு வாழ்வு நிலைகளில் சுழற்சி மாறுதல்கள் பெறுகின்றன. உட்கருமணி உட்கருச் சவ்வைத் தொட்டுக் கொண்டிருக்கையில் கோல்கைப் பொருள் உட்கருவின் மிக அருகாமையில் காணப்படுகிறது, அது மறைந்த வுடன் அலைகள் போன்று படர்ந்து மற்ற செல் பகுதிகளுடன் பரவி விடுகிறது. இச்செயல்கள் நடைபெற பல்வேறு வளர்சிதை மாற்றச் செயல்கள் காரணமாக அமைகின்றன. மேலும் உட்கரு உட்கருமணி, கோல்கைப் பொருள் ஆகியவற்றுக்கிடையே பொருள் கள் பரிமாற்றம் நடைபெறலாம் என்பதையும் இது சுட்டிக் காட்டுகிறது.

இவ்வாறு நெடுங்காலமாக நிகழ்ந்து வந்த கருத்து மோதல்களின் பயனாக இன்று கோல்கைப்பொருள் பற்றிய சில தெளிவான உண்மைகள் கிடைத்திருக்கின்றன. இருப்பினும் கோல்கைப் பொருளுக்கும், உள்தாது வலைக்குமிடையே உள்ள உறவு, அது ஆற்றுகின்ற திட்டமான பணி ஆகியவை இன்னும் நமக்குக் கேள்விக்குறியாகவே இருக்கின்றன.

## தொடர்ந்து படிக்க


1. Cowdrey, E.V. In 'General Cytology', University of Chicago Press, Chicago, 1924.
2. De Duve, C., In 'Sub Cellular Particles', Ronald Press, New York 1959.
3. Lehninger, A.L., In 'Enzymes: Units of Biological structure and function', Academic Press, New York 1961.
4. Geofrey, H. Bourne and Tewari, H.B., Cytology and Cell Physiology, Academic Press, New York 1964.
5. Novikoff, A.B., In 'The Cell', Vol II, Academic Press, New York 1961.
6. Palay, S.L. Frontiers in Cytology, Yale University Press, New Haven, Connecticut 1958.
7. Lima-de-Faria, A., Handbook of Molecular Cytology, Amsterdam, London 1969.
8. Wolstenholme, G.E., and O'Conner, M., Principles of Biomolecular Organization, Little Brown and Co., Boston 1966.
9. Pollister, A.W., and Pollister, P.F., The Structure of the Golgi apparatus, International review of Cytology 6:85—106. 1957.
10. Brachet, J., Biochemical Cytology, Academic Press, New York 1957.

# 8. மையத்துகள்

## (Centriole)

மையத்துகள் உருவத்தில் அடி உருண்டைகளை (basal bodies) ஒத்திருக்கின்றன. ஹென்னகை (Hennuguy, 1897) நுண்ணிழைகளை ஆராயத் துவங்கியதிலிருந்தே இவ்வுருவ ஒற்றுமை தெரிந்திருந்தது. அடி உருண்டைகள் எண்ணிக்கையில் அதிகமாக இருப்பதால், அவை எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் ஃபாசட் மற்றும் போர்ட்டர் (Fawcett and Porter 1954) ஆகியோரால் முதலில் ஆராயப் பட்டன. பின்னர் பர்காசும், ஃபாசட்டும் (Burgos and Fawcett 1956) மாற்று விந்தணுவில் மையத்துகள்களை ஆராய்ந் தனர் மையத்துகள், 400 m$\mu$ நீளமும் 160 m$\mu$ விட்டமும், ஒரு நடு வெளியையும் கொண்டிருப்பதாக அவர்கள் கூறினர். இரு மையத்துகள்கள் ஒன்றுக்கொன்று கிடையாக அமைந்திருக்கின்றன. ஒவ்வொன்றிலும் ஒன்பது அரைவட்ட அமைப்புகளும் (Scallops) அல்லது இணை நுண்கால்வாய்களும் (Canaliculi) உள்ளன. ஏறத்தாழ இதே காலத்தில் டீ ஹார்வன் மற்றும் பேர்ன்ஹார்டு (De Harven and Bernhard, 1956) ஆகி யோரும் பல்வேறு முதுகெலும்பிகளில் இது குறித்து ஆய்வுகள் நடத்தினர். இவற்றின் பயனாகக் கீழ்க்கண்ட உண்மைகள் வெளிப் பட்டன:

(1) இடைநிலைச் செல்களின் கோல்கைப் பிரதேசத்தில் (Golgi zone) உருண்டையான மையத்துகள் காணப்படுகிறது.

(2) மையத்துகள் ஒன்பது குழாய்களால் ஆனது.

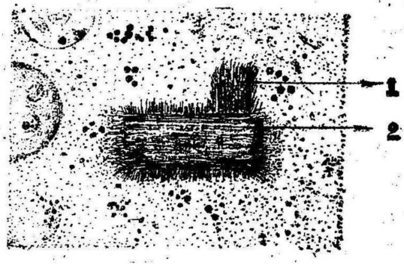
(3) மையத்துகளின் வடிவம் எல்லாச் செல்களிலும் ஒரே மாதிரியாக இருக்கிறது.

(4) மையத்துகளும், அடிஉருண்டையும் உருவத்தில் ஒரே மாதிரியாக உள்ளன.

மேற்குறிப்பிட்டவர்களைத் தவிர யமாடா (Yamada, 1956), அமானோ (Amano, 1957), ஆகியோர் மையத்துகளைக் குறித்துத் துல்லியமான விளக்கங்களைத் தந்துள்ளனர். அமானோ குறிப்பிட்டவைகளில் இரண்டு விவரங்களுக்கு இன்னும் ஆதாரங்கள் காட்டப்படவில்லை. அவை ஆவன:

(1) இடைநிலைச் செல்லின் மையத்துகள், எதிர்முகப்பகுப்பிலுள்ள செல்லின் மையத்துகளிலிருந்து மாறுபட்டுத் தோன்றுகிறது.

(2) மையத்துகள் உருளையின் (Centriole cylinder), உள்ளே ஒரு துகளாலான ஆர் என் ஏ போன்ற பொருள் அமைந்திருக்கிறது.




படம் 30
மையத்துகள்

ஒரு மனித செல்லில் மையத்துகளின் தோற்றம்.
1. முதல் நிலை மையத்துகள் 2. மையத்துகள்
மையத்துகளிலிருந்து ஒரு முதல் நிலை மையத்துகள் கிடையாக உண்டாகிறது.

ஒளி நுண்ணோக்கியில் காணும்போது, கல்லீரல் செல்களிலும் சிறுநீரக செல்களிலும் மையத்துகள்கள் தெளிவாகத் தோன்றுகின்றன. ஆயினும் இச்செல்களை எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் ஆராயும்போது, மையத்துகள்கள் தெரிவதில்லை, ஆண்ட்ரே (Andre, 1964), என்பவர், இவை தெரியாமலிருப்பதற்கு இச்செல்களில் மையத்துகள் நீண்ட உருளையாக அமைந்திருப்பதற்கு பதிலாக, ஓரளவு சுருண்டு அமைந்திருத்தல் காரணமாக இருக்கலாம் என்று கருதுகிறார். முன்பு குறிப்பிட்ட அமைப்புடன், தாவர செல்களில் மையத்துகள் தென்படுவதில்லை. எனினும் சமீபத்தில் ஈஸ்ட்செல்களின் நார்க்கருவியை (fiber apparatus), ஆராய்ந்துள்ள ரோபினோ மற்றும் மார்க் (Robinow and mark, 1966),

ஆகியோர், மையத்துகள் தகடுகள் (centriole plates), இவற்றில் அமைந்திருப்பதாகக் கூறுகின்றனர். எனினும் இவைகளில் உருளை அமைப்பும், இணைகுழாய்களும் இல்லாமையால் மையத்துகள் என்று ஒப்புக்கொள்வதில் தயக்கம் ஏற்படுகிறது.

## மையத்துகளின் புற அமைப்புகள் (Pericentriolar Structures)

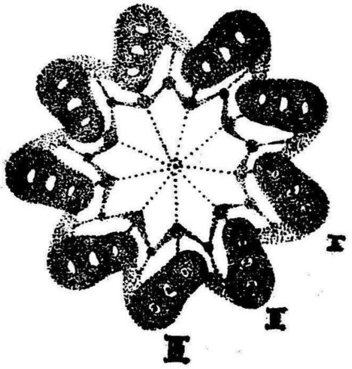
மையத்துகளின் புற அமைப்புகள் முதலில் பெஸ்ஸிஸ் (Bassis 1958) என்பவரால் விளக்கப்பட்டன. இவை அடர்த்தியான துகள்களாக 70$\mu$ விட்டத்துடன் காணப்படுகின்றன. ஒவ்வொரு மையத்துகளும் இரண்டு முடிகளால் (Crowns) சூழப்பட்டுள்ளன. முடிக்குள் ஒன்பது நுண்குவியல்கள் உள்ளன. இவை அனைத்தும் அடர்த்தியான பொருளாலான பாலங்களினால் மையத்துகளுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இந்த அமைப்புகள் இருப்பதை வலியுறுத்திக் கூறிய பெர்ன்ஹார்டு, டீ ஹார்வன் (Bernhard and de Harven, 1861) ஆகியோர் இவற்றுக்குச் சார்புக்கோள்கள் (Satellites) எனப் பெயரிட்டுள்ளனர். இவற்றின் எண்ணிக்கை, காணுமிடங்கள், அவற்றின் நிலைத்த தன்மை ஆகியன குறித்து ஆய்வுகள் தொடர்கின்றன. மனித வெள்ளணுக்களில், சார்புக் கோள்களின் எண்ணிக்கை, காணுமிடம் வேறுபடுவதாக டேவிட்-ஃபெரீரா (David-Ferreira, 1962) கூறுகின்றனர். சோல்லோசியின் (Szollosi, 1964) கருத்துப்படி, இவற்றின் எண்ணிக்கை ஒன்பது என்பதும், எப்போதுமே இவை செண்ட்ரியோலுடன் இணைந்திருப்பதில்லை என்றும் தெரிகிறது.

தைமஸ் (Thymus) செல்களை ஆராய்ந்த டீ ஹார்வனும், டஸ்டினும் (De Harven and Dustin 1960) புற மையத்துகள் சார்புக் கோள்கள், எதிர் முகப் பகுப்பின்போது மையத்துகளின் அருகில் இருப்பதில்லை என்று கூறியுள்ளனர். புற மையத்துகள் பகுதியின் எலெக்ட்ரான் அடர்த்தி மிகுந்து காணப்படுவதால், சார்புக் கோள்கள் தெரிவதில்லையே யொழிய, அவை மறைந்து விடுவதில்லை என்று ஆண்ட்ரே (Andre 1854) குறிப்பிடுகிறார்.

## மையத்துகளின் உள் அமைப்புகள் (Intra Centriolar Structures)

மையத்துகளின் உருளையினுள்ளே, சில சமயங்களில் பரவிக் காணும் ஆஸ்மியம் விரும்பிப் பொருட்கள் (osmio philic Substances) காணப்படுகின்றன. இவை மையத்துகளின் ஒரு

நுனியில் மட்டுமே உள்ளன. நத்தையின் விந்தணுத் தோற்றத்தின் போது மையத்துகள்கள் பிரதியெடுப்பதை ஆராய்ந்த கால் (Gall, 1961) அவற்றினுள்ளே நன்கமைந்த அமைப்புகள் இருப்பதை எடுத்துக் கூறினார். பலவற்றின் உட்புறத்தில் இருசு போன்ற அமைப்பும், ஆரக்கால்கள் (radial Spokes) போன்ற அமைப்புகளும் இருப்பதாக அவர் கூறினார்.




படம் 31

மையத்துகளை எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் காண்பது போன்ற தோற்றம்

மையத்துகளின் ஒன்பது நுண்குழாய்களும், மூன்றமைப்பைக் கொண்டிருப்பதைக் காணலாம். மூன்றமைப்பின் மூன்றும் குழாய்; அடுத்த நுண்குழாயின் முதல் குழாயுடன் அடர்ந்த பொருளால் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. ஆரக்கால்களின் அமைப்பையும் காணலாம்.

வெள்ளணுக்களில், 40—60 m$\mu$ அளவுள்ள நுண்ணமைப்புகள் ஒரு சவ்வினால் சூழப்பட்டு மையத்துகளுக்குள் அமைந்திருப்பதாக டேவிட்—ஃபெரீரா (David–Ferreira, 1962) தெரிவிக்கிறார்கள் ஆண்ட்ரே (Andre, 1964) மையத்துகள்உருளை பெரும்பாலும் உள் அமைப்புகளைப் பெற்றிருப்பதில்லை எனவும், சில சமயங்களில் ஒன்றிரண்டு குமிழிகள் இருக்கக்கூடும் என்றும், வெகு சிலவற்றில் ஒன்பது ஆரக்கால்களைக் கொண்ட அமைப்பு இருக்கின்றது எனவும் தெளிவாக்கியிருக்கிறார்.

சிக்கல் வாய்ந்த இந்த மையத்துக்கள் உள் அமைப்புகளைப் பற்றிப் பல ஐயப்பாடுகள் எழுகின்றன. அவை எல்லா மையத்துகள்களிலும் உள்ள நிலையான அமைப்புகள் அல்லது சில வகையான செல்களில் மட்டும் உள்ளவையா என்பது அவற்றில் ஒன்று. குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றத்தில், பெரும் பான்மையான

மையத்துகள்கள் அமைப்பு அற்ற குழிவான உருளைகளாகத் தோன்றுகின்றன. மையத்துகள்கள் உள் அமைப்புகள் அனைத்திலும் காணப்படாமைக்குக் கீழ்க்கண்ட விளக்கங்களைத் தரலாம்.

(1) மையத்துகள் உள் அமைப்புகள் நிலையில்லாத அமைப்புகளாக இருக்கலாம்.

(2) மையத்துகளின் வாழ்க்கையில், ஏதாவது ஒரு பருவத்தில் மட்டும் இவை தோன்றுபவையாக இருக்கலாம்.

(3) அவை மையத்துகளின் வாழ்க்கையில், ஏதாவது ஒரு நுனியில் மட்டும் அமைந்து, அதன் காரணமாக குறுக்கு வெட்டுத் தொற்றத்தில் தெரியாமலிருக்கலாம்.

(4) இவ்வமைப்புகள் மையத்துகளில் பகுதியாக இன்றி, அடி உருண்டைகளைச் சேர்ந்தவையாக இருக்கலாம்.

## மையத்துகளின் வேதியியல் அமைப்பு
## (Chemical structure of Centriole)

பல்வேறு முயற்சிகளின் பின்னரும் மையத்துகளின் வேதியியல் அமைப்பு நன்கு அறிந்து கொள்ளப்படவில்லை. மையத்துகளின் நுண் கால்வாய்கள், ஆர்என்ஏ துகள்கள் போன்ற நுண்ணிய அமைப்புகளினால் மூடப்பட்டுள்ளதாகத் தெரிகிறது. சீமன் (Seaman 1960) நடத்திய வேதியியல் ஆய்வுகள், கீழ்க்கண்ட பொருட்கள் அவற்றில் இருப்பதாகக் காட்டுகின்றன:

புரதம் 50%

மாவுப்பொருள் 6%

கொழுப்புப் பொருள் 5%

ஆர் என் ஏ 2%

டி என் ஏ 3%

இவைகளில் டி என் ஏ, ஆர் என் ஏ இருப்பது இன்னும் உறுதியாக்கப் படவில்லை. டிஎன்ஏ இருப்பது உண்மையாயின், இவை வைரஸ்களைப் போல் தனித்தியங்க வல்லவை என்பது தெளிவு.

## மையத்துகள்கள் பிரதியெடுத்தல்
## (Duplication of Centrioles)

"பெர்லினில் 1958ல் நடந்த உலக எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியியல் மாநாட்டில் பெர்ன்ஹார்டும் டீஹார்வனும் (Bernhard

and Harven) மையத்துகள் பிரதியெடுக்கும் முறை பற்றிய நுண் புகைப்படங்களைக் (Micographs) காட்டினார்கள். மையத்துகளைச் சூழ்ந்துள்ள சார்க் கோல்களைத் தவிர, மையத்துகளைவிடக் குட்டையான ஆனால் அதே விட்டமுடைய சேய் மையத்துகள்கள் (daughter Centrioles) இருப்பதாக அவர்கள் விளக்கினர். முதிர்ச்சி அடைந்த மையத்துகளின் பக்கவாட்டில், இவை முளைப்பதாகவும் அவர்கள் கூறினர். அவர்கள் கருத்துப்படி, சேய் மையத்துகள்களும் சார்க் கோள்களும் தொடர்பு கொண்டவை. சேய் மையத்துகள்களின் அச்சுப் பகுதிகள், முதிர்ச்சியடைந்த மையத் துகளுக்குக்கிடையாக அமைந்துள்ளன. சேய்மையத்துகள் முதிர்ச்சி யடைந்து முழு நீளம் பெற்றவுடன், இரு மையத்துகள்களும் ஒன்றுக்கொன்று கிடையாக அமைந்து இரட்டைத் துகள்கள் (diplosomes) எனப் பெயர் பெறுகின்றன. இதே போன்ற கருத்துக்களைக் காலும் (Gall, 1961) கூறுகிறார்.

இந்த விவரங்கள், மையத்துகள்கள் தங்களைத் தாங்களே பிரதியெடுத்து கொள்ளும் ((Self replicating) அமைப்புகள் என் பதை உறுதிப்படுத்துகின்றன. முதலில் இக்கருத்தைக் கூறிய லோஃப் (Lwoff, 1950) கீழ்க்கண்டவாறு விளக்கம் தந்தார். ''ஒவ்வொரு கைனடோசோமும் (kinotosome) மற்றொன்று பிரிவ தாலேயே பிறக்கிறது. நாம் கைனடோசோம் பிரிவதைக் காண் கிறோமே யொழிய அவை புதிதாகப் பிறப்பதைக் காண்பதில்லை''

வளர்ச்சி பெறும் எலிகளை ஆராய்ந்த ஸ்டாக்கிங்கர், சிரேலி (Stockingner and Cireli 1965) ஆகியோர், மேலணி இழையச் செல்களில் மையத்துகள்களின் முன்னோடிகளான துகள்கள் இருப்ப தாகத் தெரிவித்தனர். அவர்கள் இவைகளுக்கு முன்மையத் துகள்கள் (Pre centrioles) எனப் பெயரிட்டனர். ஏற்கெனவே மையத்துகள்கள் எதுவும் அவற்றில் இருப்பதில்லை என்றும், மையத்துகள் புதிதாகத் தோன்றுகிறது என்றும் அவர்கள் எடுத் துரைத்தனர்.

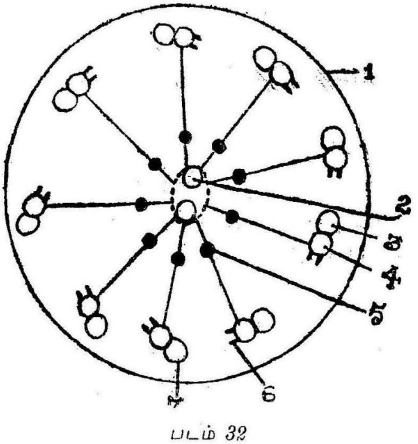
மையத்துகள் பிரதியெடுக்க, புதிதாகத் தோன்றும் முறை அல்லது நேரடிப் பகுப்பு முறை ஆகியவற்றில் எது பயன்படும் என்று திட்டமாகத் தெரியவில்லை, முன்னர் லோஃப் ஒளி நுண் ணோக்கியில் கண்டவற்றை இதுவரை எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் நிரூபிக்கவில்லை. முதிர்ச்சியுற்ற மையத் துகள் உண்மையிலேயே பிளவுபடுகிறது என்பதற்கு இந்நாள் வரை எவரும் ஆதாரங்களைத் தரவில்லை. இருப்பினும் மையத்துகள் எப்போதும் புதிதாகத்தான் தோன்றமுடியும்

ஏன்பதையும் ஒப்புக்கொள்ள இயலாது. ஏனெனில் பெரும்பாலும் புதிய மையத்துகள் முதிர்ச்சியடைந்த மையத்துகளின் அருகாமையில்தான் தோன்றுகிறது. எனவே மூன்றுவதாக ஒரு கருத்தைக் கூறலாம்: ''மையத்துகள் புதிதாகத்தோன்றக்கூடும்; ஆனல் அவை முதிர்ச்சி அடைந்த மையத்துகளின் அருகாமையில் மட்டுமே தோன்றுகின்றன.''

## குறு இழை, சாட்டை இழை ஆகியவற்றின் அமைப்பும் பணியும்

## (Structure and function of cilia and flagella)

குறு இழை பெற்ற செல்களில், ஒவ்வொரு செல்லும் நூற்றுக் கணக்கான 2—10$\mu$ நீளமுள்ள குறு இழைகளைப் பெற்றுள்ளன. சாட்டை இழை செல்களில், ஒவ்வொரு செல்லிலும் ஒன்று அல்லது இரண்டு சாட்டை இழைகளே உள்ளன. இவை 100—200$\mu$ நீளமுள்ளவை. இவை இரண்டின் விட்டங்களும் 0.5$\mu$ அளவுடையதாக இருக்கும்.



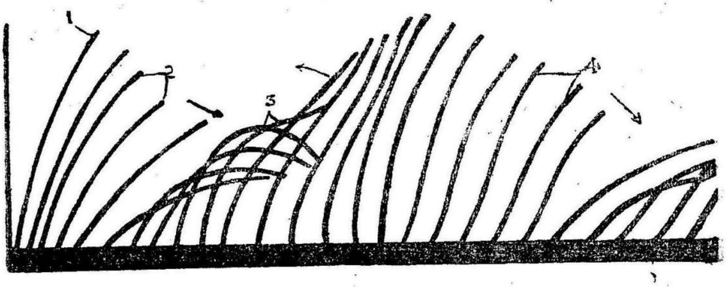

படம் 32

ஒரு சாட்டை இழையின் வெட்டுத் தோற்றம்

1. சவ்வு 2; மைய நுண்குழாய் 3. வெளி நுண்குழாய் (கரங்கள் இல்லா) 4. மற்றொரு வெளி நுண்குழாய் (கரங்கள்-கொண்ட) 5. இரண்டாம் நிலை நார் 6. கரங்கள் 7. இணை வெளி நுண்குழாய்கள்

குறு இழை, சாட்டை இழை ஆகிய இரண்டும் ஒரே மாதிரியான அமைப்புடையவை, மையத்துகள் போன்று, இவைகளும்

ஒன்பது இணைகுழாய்களையும், 0.15—0.2$\mu$ விட்ட அளவுள்ள உருளையையும் கொண்டுள்ளன. மையப்பகுதியில், இரு ஒற்றைக்குழாய்கள் ஒரு சவ்வினுள்ளே அமைக்கப்பட்டுள்ளன. ஓரப்பகுதியிலுள்ள குழாய்கள், இரட்டை அமைப்பைப் பெற்றிருப்பதோடு இரு கரங்களையும் ("arms"), கொண்டுள்ளன. எனவே குழாய்களின் அமைப்பு, மையத் துகளைப்போல் "9+0" என அமையாமல், "9+2" எனக் காணப்படுகிறது. மேலும் மையத்துகள்கள் சைட்டோப் பிளாசத்தினுள் இருப்பதால், அவற்றைச்சூழ்ந்து சவ்வு கிடையாது. ஆனால் முதிர்ந்த குறு இழைகளிலும் குழாய்களைச் சூழ்ந்து, பிளாஸ்மா சவ்வினால் உருவாக்கப்பட்ட சவ்வு அமைந்துள்ளது.




படம் 33

குறு இழைகளின் அசைவு

1. குறு இழை 2. அசையத்துவங்குதல் 3. அசைவிலிருந்து மீளுதல் 4. அசையத்துவங்குதல்

## குறு இழை அசைவு

குறு இழைகளின் அசைவு ஓர் உந்து அசைவையும் (effective-stroke), ஒரு மீளும் அசைவையும் (recovery stroke), கொண்டிருக்கும். இவற்றின் அசைவு மிக வேகமாக இருப்பதால், இவற்றின் நுனி ஒரு நிமிடத்துக்குப் பல்லாயிரக் கணக்கான மைக்ரான்கள் நகரமுடியும். சாட்டை இழைகள் பாம்பைப் போன்று நெளிவு அசைவை (Undulant movement), உண்டாக்குகின்றன. சில சமயங்களில், அவற்றின் அசைவுச் சுருள் போன்றும், வட்டமாகவும் இருக்கக்கூடும். மெல்லுடலிகளின் செவுள்களில் உள்ள குறு இழைகள், நீரின் அசைவுக்குக் காரணமாகின்றன. மனித மூச்சுக்குழாயில் உள்ளவை, காற்றோட்டத்தை உண்டாக்கி கோழையுடன் தூசிப்பொருட்களை அகற்ற உதவுகின்றன. குறு இழைகளின் அசைவு தொடர்ச்சியான அலைகள் போன்றிருப்ப

தால், ஒரு வரிசை குறு இழைகளில் சில உந்து அசைவிலும் மற்றும் சில மீளும் அசைவிலும் காணப்படுகின்றன.

குறு இழையும், சாட்டை இழையும் எளிய அமைப்புடன் இருப்பினும், அவை அசைவுப் பணியுடன் கொண்டுள்ள தொடர்புகள் சிக்கலானவை. சில சிறப்பினக் குறு இழைகளில் அசைவு இருப்பதில்லை; இவற்றில் மையக் குழாய்கள் இல்லாமையால் அசைவதில்லை எனத் தெரிகிறது. எனவே மையக்குழாய்கள் அசைவுக்கு இன்றியமையாதவை என்பது புலப்படுகிறது. விந்தணுக்களின் வால் பகுதியில் இரட்டைக் குழாய்களைத் தவிர சில நார்களும் இருப்பதாக நம்பப்படுகிறது.

குறு இழை சாட்டை இழை ஆகியவற்றைத் தனித்தெடுத்து ஓர் ஏடிபி கொண்ட பொருளில் இடும்போது, அவை அசைவை உண்டாக்குகின்றன. இதிலிருந்து அசைவுக்குத் தேவையான சக்தியை ஏடிபி அளிப்பது விளங்குகிறது. இவ்வமைப்புகளின் வேதியியல் நிகழ்ச்சிகள் நன்கு தெளிவாக்கப் படவில்லை. இவற்றில் காணும் புரதங்களைப் பற்றிய ஆராய்ச்சி இப்போது நடைபெற்று வருகிறது. இது பல உண்மைகளை விளக்கக் கூடும்.

குறு இழை, சாட்டை இழை ஆகியவற்றுக்கு நன்கு வரைமுறை செய்யப்பட்ட குழாய்கள் அமைக்கப்பட்டுள்ளன. ஆயின் அவற்றைச் சூழ்ந்து காணப்படும் பொருளுக்கு இத்தகைய அமைப்பு கிடையாது. இவற்றில் உள்ள சில மூலக் கூறுகள் அசைவுக்குக் காரணமாக இருக்கக்கூடும் என்ற கருத்தும் நிலவுகிறது.

## தொடர்ந்து படிக்க


1. Afzelius, B.A., Journal of ultra structure, 1963.
2. Campbell, P.N., The structure and function of Animal Cell Components, Pergamon Press, Oxford, 1966.
3. Fawcett, D.W., The Cell: Its organelles and Inclusions, W.B. Saunders Co., Philadelphia 1966.
4. Allen, J.M., Molecular Organization and Biological function, Harper and Row, New York 1967.
5. Etienne de Harven In 'The Nucleus', Academic Press, New York 1968.

6. Ackerman, G.A., Histochemistry of the centriole and centrosomes of leukemic Cells, J.Biophys. Biochem. Cytol 11—1961.

7. Lwoff, A., Problems of Morphogenesis in ciliates, Wiley, New York 1950.

8. Yamada, E., The structure of centriole in some animal cells, Proc Ist Conf. Asia Oceania, Tokyo 1956.

# 9. லைசோசோம்கள்

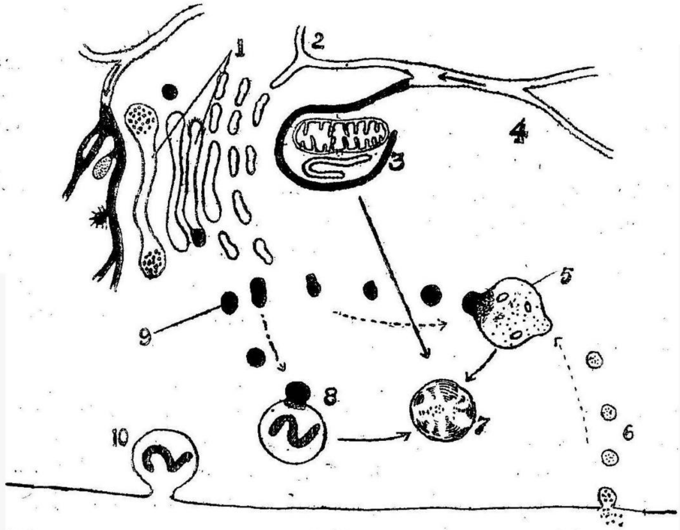
## (Lysosomes)

பொதுவாக நுண்ணுறுப்புகளை ஆராய முதலில் வழி கோலுவது. அவற்றின் வெளி அமைப்பு ஆய்வுகளாகும். பின்னர் அவற்றைத் தனிப்படுத்தி, உயிர் வேதியியல் பண்புகளை அறிய முற்படுவது மரபு. ஆனால் லைசோசோம்களைப் பொருத்த வரையில் இந் நியதி தலைகீழானது எனலாம். எலிகளின் கல்லீரல் செல்களிலுள்ள ஹைட்ராலிடிக் நொதிகளை (hydrolytic enzymes) ஆராய்வதற்காக, அவற்றில் மையவிலக்கமுறை பயன்படுத்தப்பட்டது. அப்போது அத்தகைய ஐந்து நொதிகளின் வீழ்படிவுகள் (Sediments) கிடைத்தன. இவை அனைத்தும் ஒரு சவ்வினுள் அடக்கி வைக்கப்பட்டது தெரியவந்தது. லைசோசோம் என்ற பெயரை, சவ்வாலான இவ்வமைப்புக்குச் சூட்டினார்கள். பின்னர் எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் கண்டபோது, இவ்வுண்மைகள் மேலும் உறுதியாயின. தொடர்ந்து, பல்வகையான அமில ஹைட்ராலேஸ்கள் (Acid hydrolases) இவற்றிலிருப்பதாகத் தெரிய வந்தது. இன்னும் பல வடிவங்களில் லைசோசோம்கள் இருப்பதாகவும் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. தொடர்ந்து நிகழ்ந்த ஆராய்ச்சிகள் லைசோசோம்கள் பல்வேறு செல் வேலைகளில் ஈடுபட்டுள்ள அமைப்புகள் என்பதைத் தெளிவாக்கின.

### அமைப்பும் வேலையும்

இதுவரை ஆராயப்பட்டவற்றுள், பாலூட்டிகளின் இரத்தச் சிவப்பணுக்கள் (erythrocytes) தவிர, மற்றவைகளில் லைசோசோம்கள் இருக்கின்றன. தாவர செல்களிலும் இவை இருப்பதாக ஆதாரங்கள் கிடைத்துள்ளன. வேதியியல் ஆய்வுகள் இவை தொல்லுயிரிகள், பூச்சிகள், நீர் நில வாழ்வன, பாலூட்டிகள் போன்றவற்றில் இருப்பதைக் காட்டுகின்றன.

பெரும்பான்மையான லைசோசோம்கள், $0.5\mu$ விட்டமுடையவை. பாலூட்டிகள் சிறு நீரகங்களில் உள்ளவை, பல மைக்ரான் நீளத்துடன் மிகப் பெரியவையாக உள்ளன. எல்லா வகையான லைசோசோம்களும் செல்லினுள்ளே செரிக்கும் தொழிலில் ஈடுபட்டவை அவை செரிக்கும் பொருள் செல்லினுள் தோன்றுபவையாகவோ, வெளியில் தோன்றுபவையாகவோ இருக்கலாம். லைசோசோம்கள் எல்லா வகையான செல்லின் பெருமூலக்கூறுகளையும் அழிக்க வல்லவை. எனவே ஏதாகிலும் விபத்தின் காரணமாக லைசோசோம் கிழிந்து, அதனால் செல் அழிக்கப்படும் நிலை எற்படலாம் என்ற ஊகம் எழுகிறது. ஆனால், அழிக்கப்படும் பொருள் இந்த நுண்ணுறுப்பினுள்ளே செல்ல வேண்டியது அவசியமாகும்.



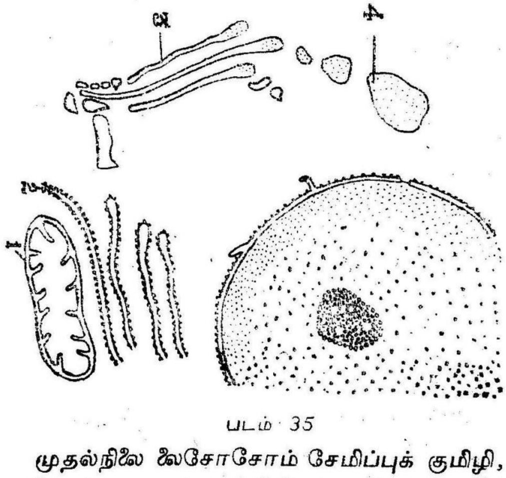

படம் 34

லைசோசோம்களின் பிறப்பு

லைசோசோம் நொதிகளின் கடத்துதலையும், லைசோசோம்கள் உண்டாதலையும் படம் காட்டுகிறது. உள்தாதுவலை, செரிக்கும் நொதிகளை கோல்கை அமைப்புக்கு அருகில் கொண்டுவருகிறது. இங்கிருந்து லைசோசோம்கள் தோன்றி, செரிக்கும் குமிழிகளுடன் இணைந்து செரித்தலை உண்டாக்குகிறது.

1. கோல்கை அமைப்பு;
2. மென் உள்தாதுவலை;
3. தன்னைத் தானுண்ணும் குமிழி;
4. கடின உள்தாதுவலை;
5. செரிக்கும் குமிழி;
6. செல்குடித்தல் குமிழி;
7. எஞ்சிய அமைப்பு;
8. செரிக்கும் குமிழி;
9. முதல்நிலை லைசோசோம்;
10. செல்விழுக்கக் குமிழி.

செரிக்கப்படுவதற்காக லைசோசோமுக்குள் பொருட்கள் செல்கின்ற முறைகளில் வேறுபாடுகள் உள்ளன. முக்கியமான லைசோசோம்களின் வகைகளும், அவை தோன்றும் முறைகளும் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளன. லைசோசோம் நொதிகள் (Lysosomal enzymes), ரிபோசோம்களில் தோற்றுவிக்கப்படுகின்றன. பின்னர் அவை உள்தாதுவலை வாயிலாக, லைசோசோமுக்குள் அனுப்பப்படுகின்றன. பெரும்பாலான செல்களில், முதல் நிலை லைசோசோம்கள் (Primary lysosomes) கோல்கைப் பொருளால் உண்டாக்கப் படுகின்றன. இத்தகைய அமைப்புகள், மற்ற சவ்வு கொண்ட அமைப்புகளுக்கு ஹைட்ரா லேஸ்களைக் கொண்டு செல்லும் சாதனங்களாகப் பணியாற்றுகின்றன. ஒரு லைசோசோமுக்குள் நொதிகளும், செரிக்கப் போகின்ற செரிக்கும் நிலையிலுள்ள அல்லது ஏற்கனவே செரிக்கப்பட்ட பொருட்களும் அடங்கியிருந்தால், அது இரண்டாம் நிலை லைசோசோம் (Secondary lysosome) என வழங்கப்படும். மற்றும் சில லைசோசோம்கள், செரிக்கப்படாத செரிக்க இயலாத பொருட்களை ஏராளமாக உள்ளடக்கியிருக்கும். இவைகளுக்கு எஞ்சிய அமைப்புகள் (Residual bodies) என்று பெயர். இவ்வாறு லைசோசோம்களை வகைப்படுத்தி அறிவது, உருவத்தால் வேறுபட்ட லைசோசோம்களுக்கிடையே உள்ள உறவுகளைப் புரிந்து கொள்ள உதவும்.



படம் 35

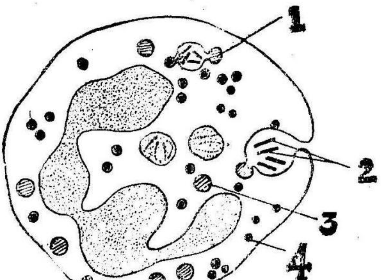
முதல்நிலை லைசோசோம் சேமிப்புக் குமிழி, கோல்கை அமைப்பிலிருந்து தோன்றுதல்.

1. மைட்டோக்காண்டிரியான்; 2. உள்தாதுவலை; 3. கோல்கைப் பொருள்; 4. லைசோசோம்.

## வெளி மூலக்கூறுகளைச் செரித்தல்

பல் வகையான பொருட்கள், குறிப்பாக சிறு மூலக்கூறுகள், தனித்தனியாக செல்லினுள் நுழைந்த போதிலும், சில பொருட்கள் செல் குடித்தல் செல் விழுக்கம் ஆகியவற்றின்போது மொத்தமாக நுழைகின்றன. இந்நிகழ்ச்சிகளின்போது, பிளாஸ்மா சவ்வினால் குமிழிகள் அமைக்கப்படுகின்றன. தொல்லுயிரிகளில் இம்முறைகள் ஊட்டத்துக்காகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

பாலுட்டிகளின் வெள்ளணுக்களில் (Leucocytes) செல் விழுக்க முறை நன்கு ஆராயப்பட்டுள்ளது. இவற்றின் சைட்டோப் பிளாசத்தில் ஏராளமான முதல்நிலை லைசோசோம்கள், துகள்களைப் போன்று அமைந்துள்ளன. வெள்ளணுக்கள், குமிழிகளை அமைத்து பாக்டீரியாக்களை விழுங்குகின்றன. உடனே துகள்கள் அவைகளை நெருங்கிச் செல்கின்றன. துகள்கள், குமிழி ஆகியவை இணைந்தவுடன், துகள்களின் சவ்வு உடைபடுகிறது. இதன் பயனாக, துகள்களிலுள்ள நொதிகள் குமிழிக்குள் கொட்டப்படுகின்றன. குமிழிக்குள் லைசோசோம் நொதிகளும் செரிக்கப்படாத பொருளும் காணப்படுவதால், இது இரண்டாம் நிலை லைசோசோமுக்குச் சமமாகின்றது. நொதிகளின் உதவியால் பாக்டீரியா செரிக்கப்பட்டு, செரித்தவை சைட்டோப்பிளாசத்தில் கலக்கின்றன.




படம் 36

வெள்ளணுவில் காணும் லைசோசோம்

வெள்ளணு பாக்டீரியாக்களைக் குமிழி அமைத்து உண்கிறது. இக்குமிழிகளில் இரண்டுவகையான அமைப்புகள் இணைந்து, செரித்தலுக்குத் துணை செய்கின்றன.

1. லைசோசோம்; 2; பாக்டீரியா. 3; முதல்நிலை லைசோசோம்; 4 சிறப்புத் துகள்கள்

வெள்ளணுக்களைப் போன்று நுரையீரல், கல்லீரல், மண்ணீரல் போன்றவற்றில் பெரிய லைசோசோம்கள் உள்ளன. இவை செல்விழுக்கம், செல்குடித்தல் முறைகளில் உள்ளே நுழையும் பொருட்களைச் செரிக்கும் ஆற்றல் படைத்தவை. சமீபத்தில், செல்குடிக்கும் முறையில் உள்ளே புகுந்து ஓரளவே செரிக்கப்படுகின்ற வைரஸ் ஒன்றினைப்பற்றி, சுவையான விவரங்கள் கிடைத்துள்ளன. ரியோவைரஸ் (Reovirus), என்ற இவ்வுயிரி, செல்லினுள் சென்றவுடன் லைசோசோமினுல் உட்கொள்ளப்படுகிறது. ஆனுல், நொதிகளால் வைரஸின் புரதத்தாலான வெளிப்போர்வையை மட்டுமே அழிக்கமுடிகிறது. மையத்தில் காணும் ஆர் என் ஏ, அழிக்கப்படுவதில்லை. போர்வையை இழந்த ஆர் என் ஏ, சைட்டோப்பிளாசத்துக்குச் சென்று அவ்விலங்கின் நடைமுறை அலுவல்களையே கட்டுப்படுத்தத் துவங்குகிறது. இவ்வைரசின் ஆர் என் ஏ செரிக்கப்படாமைக்கு, அதன் இரண்டு இழைகளைக் கொண்ட வடிவமே காரணம் எனக் கருதப்படுகிறது. செயற்கை முறையில், இரட்டை இழை ஆர் என் ஏவை ஒற்றை இழையுடையதாக மாற்றினுல், லைசோசோமிலுள்ள ரிபோநியூக்ளியேஸ் (Ribonuclease), என்ற நொதி அதை எளிதில் செரித்துவிடுகிறது.

சுண்டெலியின் வயிற்றுப்பகுதியிலுள்ள சில விழுங்கு செல்கள் லைசோசோம்கள் வெளிப்பொருட்களைக் கொள்ளுமுறைக்கு எடுத்துக்காட்டாக அமைகின்றன. இச்செல்களை ஏராளமான சீரம் (Serum), கொண்ட திரவத்தில் விட்டுவைத்தால், அவை வேகமாக செல் குடிக்கும் முறையில் பொருட்களை உட்கொள்ளுகின்றன. பின்னர், சைட்டோப்பிளாசத்தில் முதல் நிலை, இரண்டாம் நிலை லைசோசோம்கள் உருவாக்கப்படுகின்றன. இவற்றின் எண்ணிக்கை உயரும்போது, லைசோசோம்களின் நொதிச்செய்கைகளும் அதிகரிக்கின்றன. அடுத்து, இச்செல்களைக் குறைவான சீரம் உள்ள திரவத்துக்கு மாற்றினுல், லைசோசோம்களில் பல மறைந்து நொதிச்செயல்களும் சாதாரண நிலைக்குத் திரும்புகின்றன.

வெளிப் பொருட்களைச் செரிப்பதில் ஏற்படும் பல பிரச்சினைகள், இப்போது ஊன்றி ஆராயப்படுகின்றன. லைசோசோம்களின் அசைவுகளைக் கட்டுப்படுத்தி, அவை மற்ற அமைப்புகளுடன் இணைவதை அனுமதிக்கும் சாதனம் யாது? விழுங்குகுமிழி, குடிக்கும் குமிழி ஆகியவற்றுடன் அவை இணையும்போது, மைட்டோக்காண்டிரியா, உள் தாதுவலை, உட்கரு ஆகியவற்றுடன் இணையாததற்குக் காரணம் என்ன? இக்கேள்விகளுக்கு விடை தேட முயற்சிகள் நடைபெறுகின்றன.

குமிழிகளுக்கு, முதல்நிலை லைசோசோம்களிலிருந்து மட்டும் செரிக்கும் நொதிகள் கிடைப்பதில்லை. பல செல்களில், இரண்டாம் நிலை லைசோசோம்களும் அவற்றுடன் இணைந்து நொதிகளைத் தருகின்றன. ஒரு முறை பயன்படுத்திய நொதிகள், மீண்டும் ஒரு முறை செரிப்பதற்காகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

## உள் மூலக் கூறுகளைச் செரித்தல்

பெரும்பாலான வளர்க்கருநிலைச் செல்களில், அவற்றின் சைட்டோப் பிளாசத் துண்டுகளைச் சூழ்ந்து சவ்வு உண்டாகி, பின்னர் கரைக்கப் படுகின்றன. இச்செயலை தன்னைத் தானுண்ணல் (Autophagy) என அழைக்கிறோம். தொல்லுயிரிகள் முதுகெலும்பிகள், தாவர செல்கள் ஆகியவற்றில் தன்னைத் தானுண்ணும் குமிழிகள் (autophagic Vacuoles) இருப்பதாகத் தெரிகிறது. இவற்றினுள் மைட்டோக்காண்டிரியா, பிளாஸ்டிட்கள், உள்தாது வலையின் துண்டுகள், ரிபோசோம்கள், பெராக்சிசோம்கள், கிளைகோஜன் போன்றவை காணப்படுகின்றன. இவ்வாறு உட்கொண்ட நுண்ணியிரியின் பல பகுதிகளும் ஒரே சமயத்தில் சிதைக்கப்படுகின்றன. கல்லீரல் செல் மைட்டோக்காண்டிரியாக்களின் பாதியளவு மூலக்கூறுகளை மாற்றியமைப்பதற்கு, 10 நாட்கள் தேவைப்படுகின்றன; பெராக்சிசோம்களுக்கு 2 அல்லது 3 நாட்களாகின்றன; ரிபோசோம் ஆர் என் ஏக்களுக்கு 5 நாட்கள் தேவைப்படுகின்றன. கல்லீரல் செல்லில், மைட்டோக் காண்டிரியாவைக் கொண்ட தன்னைத் தானுண்ணும் குமிழி 15 நிமிடத்துக்கு ஒன்று தோற்றுவிக்கப்படுகிறது. இது, அவை புதுப்பிக்கப்படும் வேகத்தைத் தெளிவாக்குகிறது.

இவ்வாறு அழிக்கப்படும் நுண்ணுறுப்புகள் குறைபாடுகள் உள்ளவையா அல்லது வயது முதிர்ந்தவையா என்ற கேள்வி பிறக்கிறது. எவ்விதக் குறிக்கோளுமின்றி சைட்டோப்பிளாசத்தை லைபோசோம் விழுங்குமா என்றும் ஐயப்பாடு எழுகிறது. பூச்சிகளின் சில செல்களில் ஒரு வளர்ச்சிப் பருவத்தில் ஒரு வகையான நுண்ணுறுப்பையும், மற்றொரு பருவத்தில் வேறுவகை நுண்ணுறுப்பையும் குமிழிகள் கொள்கின்றன. இவற்றிலிருந்து குமிழிகள் தேர்ந்தெடுக்கும் திறன் கொண்டவை என்பது விளங்குகிறது

தன்னைத் தானுண்ணும் செயல், சாதாரணமாக மிகச் சிறு அளவில் செல்களில் நடைபெறும். ஆயின், வளர்சிதை மாற்று இடர்ப்பாடுகளில், சிக்குண்ட செல்களில், இக்குமிழிகள் மிகுந்து காணப்படும். தன்னைத் தானுண்ணுமுறை செல்லை முழுமையாக

அழிந்து வீணாகி விடாமல் காத்து, செல் பகுதிகளின் செரித்த பொருட்களை புதுப்பிக்கும் பணியில் ஈடுபடுத்த உதவுகிறது.

### செல் காயமும், செல் மரணமும்.

லைசோசோம் கண்டுபிடிக்கப்பட்டபோது, ஏதாகிலும் கோளாறு காரணமாக லைசோசோம் நொதிகள் கசிய நேரிட்டால், செல் காயமுறலோ மரணமடைதலோ நிகழும் என்று குறிப்பிட்டார்கள். இக் கூற்றுக்கான ஆதாரங்களைக் காட்டுவது சிரமமே என்றாலும், இது செல்நோயியலைப் (cell pathology) புரிந்து கொள்ளப் பெரிதும் உதவுகிறது, ஒரு செல் மரணமுற்றவுடன் லைசோசோமின் செரிக்கும் நொதிகள் வெளிப்பட்டு செல் பொருட்களை அழித்து விடுகின்றன.

### தொடர்ந்து படிக்க


1. De Duve, C., In 'Sub cellular particles', Ronald Press, New York 1959.

2. De Duve, C., In 'Biological approaches to cancer Chemotherapy', Academic Press, New York 1961.

3. De Reuck, A.V.S., and Cameron, M.P., Ciba foundation Symposium, Lysosomes, 1963.

4. Novikoff, A.B., In 'The Cell', Academic Press, New York 1961.

5. Gomori, G., In 'Microscopic histo chemistry, principles and practice', University of Chicago Press, Chicago 1962.

6. Dingle. J.T., and Fell, H., Lysosomes in Biology and Pathology. North Holland Co., Netherlands 1969.

7. Weissmann, G,. New Engl. Journal of Medicine 272 1865.

# 10. பெராக்சிசோம்கள்

## (Peroxisomes)

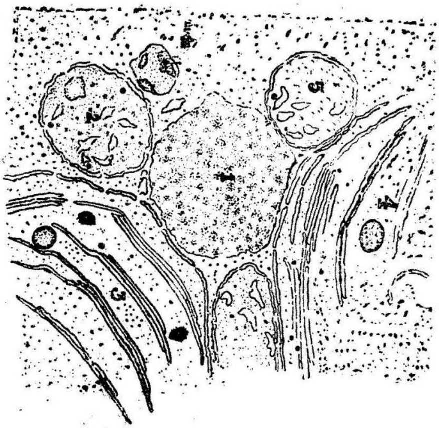
எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி கண்டுபிடிக்கப்பட்ட ஆரம்ப காலத்தில், சில விலங்குகளின் கல்லீரலிலும். சிறு நீரகத்திலும் சில நுண்ணிய அமைப்புகள் இருப்பது கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இவை நுண்ணமைப்புகள் (Microbodies), என முதலில் அழைக்கப் பட்டன. இக்காலத்தில், இவை பெராக்சிசோம்கள் எனப்படு கின்றன. பெராக்சிசோமில் காணப்படுகின்ற யூரேட் ஆக்சிடேஸ் (Urate oxidase). என்ற நொதியைப் பற்றிதீவிரமான ஆராய்ச்சிகள் நிகழ்ந்துள்ளன.

பெராக்சிசோம்களைப் பிற நுண்ணுறுப்புகளிலிருந்து பிரித் தெடுக்கும் முறைகள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளன. ஒளி நுண் ணோக்கியிலும், எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியிலும் இவற்றைக் கண்டபின்னர், இவை பல்வேறு செல்களிலும் காணப்படுவது தெரிய வந்தது. இவை உயர்ந்த தாவரங்கள், ஈஸ்ட் (Yeast), தொல்லுயிரிகள் ஆகியவற்றிலும் இருப்பதாகச் சமீபத்திய ஆராய்ச்சிகள் காட்டுகின்றன.

### பெராக்சிசோம்களின் அமைப்பு
### (Structure of Peroxisomes)

பல்வேறு செல்களில் காணப்படுகின்ற பெராக்சிசோம்கள் வேறுபட்டுக் காணப்பட்டாலும், அவை அனைத்தும் ஒரே அமைப் பின் மாறுபட்ட வடிவங்கள் என்பது தெளிவு. ஒருசெல் உயிரி களுள் பல்வேறு அமீபாக்களிலும், டெட்ராஹைமினு என்ற (Tetrahymena), குறு இழை உயிரியிலும், ஈஸ்ட்டிலும் இவற்றின் அமைப்பு விளக்கப்பட்டுள்ளது. பல செல் உயிரிகளில், கல்லீரல்

சிறுநீரகம் ஆகியவற்றில் இவை ஆராயப்பட்டுள்ளன. இவ் வுறுப்புகளின் சிறப்புப் பகுதிகளில் இவை மிகுதியாகக் காணப்படுவ தில்லை. உயர்ந்த தாவரங்களில் கருவின் திசுக்களிலும், ஒளிச் சுவாச நிகழ்ச்சியில் (Photo-respiration), ஈடுபடும் பச்சைத் திசுக் களிலும் இவை காணப்படுகின்றன.



படம் 37

பெராக்சிசோம்

ஒரு புகையிலை செல்லில் ஒரு பெராக்சிசோமைச் சூழ்ந்து குளோரோபிளாஸ்ட், மைட்டோக்காண்டிரியா ஆகியவை அமைந் துள்ளன.

1. பெராக்சிசோம்; 2, 5. மைட்டோக்காண்டிரியா;
3, 4. குளோரோபிளாஸ்ட்;

பெராக்சிசோம்கள் உருண்டை வடிவாக, 0.3—1.5$\mu$ விட்டத்துடன் காணப்படுகின்றன. இவை மைட்டோக்காண் டிரியா, லைசோசோம் ஆகியவற்றைவிட அடர்த்தி மிகுந்தவை. இவற்றின் வரம்பாக, 65 - 80Å பருமனுள்ள ஒரு சவ்வு காணப் படுகிறது. அதனுள் மெல்லிய துகள்களுடன் கூடிய இடையூட்டுப் பொருள் அமைந்துள்ளது. சில திசுக்களில் காணும் பெராக்சி சோம்கள், மையப்பகுதியில் சில பொருட்களைக் கொண்டிருக் கின்றன. இவை குழாய்கள் போன்று வடிவம் கொண்டிருக் கின்றன. இவை பணியாற்றும் விதம் பற்றித் தெளிவாக அறிய இயலவில்லை.

பெராக்சிசோம்கள், உள்தாது வலையுடன் நெருங்கிய உறவு கொண்டுள்ளன. தாவர, விலங்கு செல்களில் இவை உள்தாது

வலையை நெருங்கி அமைந்திருக்கின்றன. இவை இரண்டுக்கும் ஏதாகிலும் பணித்தொடர்பு இருக்கலாம் என நம்பப்படுகிறது. தாவர செல்களில் இவை குளோரோபிளாஸ்ட், மைட்டோக் காண்டிரியா ஆகியவற்றுடன் நெருங்கிக் காணப்படுகின்றன.

## பெராக்சிசோம்களின் வேலை

பெராக்சிசோம்கள் வளர்சிதை மாற்றத்துக்கான நொதிகளை ஒருங்கே தொகுத்து வைத்திருக்கின்றன சிறு நீரக, கல்லீரல் செல் களில் காணப்படும் பெராக்சிசோம்கள், நான்கு வகையான நொதிகளைக் கொண்டுள்ளன. இவை ஹைட்ரஜன் பெராக்சைடின் (Hydrogen peroxide) வளர்சிதை மாற்றத்துக்குக் காரணமானவை எனவேதான் அவற்றுக்கு பெராக்சிசோம்கள் என்ற பெயர் சூட்டப்பட்டது. இவற்றின் நொதிகளில் டி-அமினோ ஆக்சிடேஸ் (D–Amino oxidase), ஆல்ஃபா ஹைட்ராக்சி அமில ஆக்சிடேஸ் (a hydroxy acid oxidase), யுரேட் ஆக்சிடேஸ் ஆகியவை ஹைட் ரஜன் பெராக்சைடை உண்டாக்குகின்றன. ஹைட்ரஜன் பெராக் சைடு கெடுதியான வாயு என்பதால், அதனை அழிக்க கெடலேஸ் (catalase) என்ற நொதி பயன்படுகிறது. இவ்வாறு இந்நொதி பாதுகாப்புச் செயலுக்குத் துணை புரிகிறது.

ஆமணக்கு முளைகள், பாலூட்டிகள் போன்றவற்றில் இவை கொழுப்பை மாவுப்பொருளாக மாற்ற உதவுகின்றன. சிறு நீரகம், கல்லீரல் ஆகியவற்றில் பியூரைன் (Purine) என்ற அங்ககப் பொருளை எளியவையாக மாற்றித் தருகின்றன. ஆமணக்கு விதை முளைக்கும்போது, விதை சூழ்த்தசையில் (endoseam) காணும் கொழுப்பை விரைவில் மாவுப் பொருளாக மாற்றி விதை முளைக்கக் காரணமாயிருக்கிறது. இச்செயலில்அடங்கும் வளர்சிதை மாற்ற நிகழ்ச்சிகள், கிளையாக்சிலேட் சுழற்சி (Glyoxylatre cycle) எனப்படும், பசுந்தாவரங்களில் ஒளிச் சுவாசத்துக்கும் இவை துணை புரிகின்றன.

## தொடர்ந்து படிக்க

1. Annals of the New York Academy of Sciences, the nature and function of peroxisomes, 1969.
2. Hruban, Z., and Recheigl, M., Microbodies and related particles, Morphology, Biochemistry and Physiology, Academic Press, New York 1969.
3. Proceedings of the Royal Society of London, Series B, 173:1030 1969.

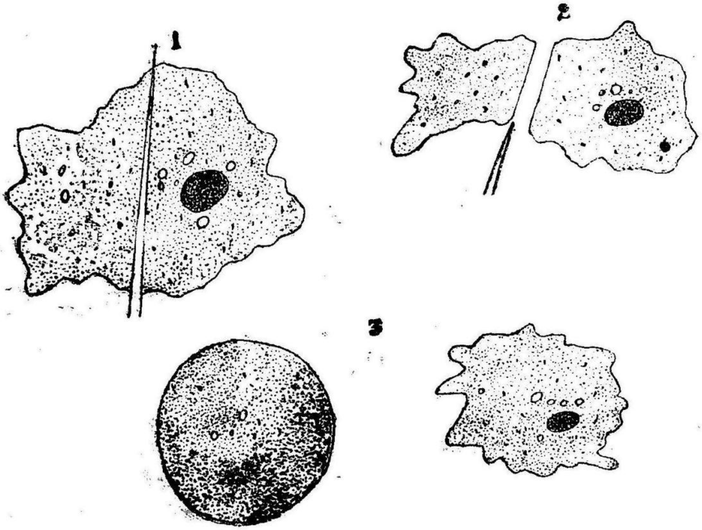
# 11. உட்கரு

## (Nucleus)

துவக்கத்தில் உட்கருவை செல்லின் நிலையான ஒரு பகுதியாகக் கண்டறிந்தவர் பெர்னாடு (Bernard, *1878*), என்ற செயலியல் வல்லுநராவார். செல்லின் வளர்சிதை மாற்றச் செயல்களுக்கு இது இன்றியமையாதது. இருப்பினும் எல்லாச் செல்களிலுமே இது இருப்பதாகக் கூறமுடியாது. சிறப்பியல்புகள் வாய்க்கப் பெற்ற, தொய்வான பணிகளாற்றும் சில செல்களில் உட்கரு இருப்பதில்லை. எடுத்துக்காட்டாக பாலூட்டிகளின் இரத்தச் சிவப் பணுக்களில் தோற்ற நிலையில் உட்கரு காணப்படுகிறது. ஹீமோ குளோபினைத் (Haemo globin), தோற்றுவித்த பின்னர், உட்கரு மறைந்து வெறும் கூடத்திகளாக இச் செல்கள் பணியாற்று கின்றன, இதைப்போன்றே கண்வில்லைச் செல்களிலும், தாவரங் களின் சல்லடைக் குழாய் (Sieve tube) களிலும் குறிப்பிட்ட பருவத்துக்குப் பின்னர் உட்கரு மறைந்து விடுகிறது. இயற்கை யாகவே உட்கருவை இழந்த செல்களும், ஆய்வுகளில் உட்கரு அகற்றப்பட்ட செல்களும் வளர்ச்சி பெறுவதில்லை.

செல்களின் வளர்சிதை மாற்றச்செயல்களுக்கு குறிப்பாக புரதம், ஆர் என் ஏ ஆகியவற்றின் சேர்க்கைக்கு உட்கரு மிகவும் தேவைப்படுகிறது. குரோமோசோம்களில் ஒழுங்காக அமைக்கப் பட்டுள்ள ஜீன்கள் (மரபிகள், Genes), பல்வேறு வகைகளில் செல்லுக்கு ஆக்கம் தருகின்றன. இவற்றில் குறிக்கத்தகுந்தது, புரதங்களின் அமினோ அமில அமைப்பை நிலைப்படுத்தித் தருத லாகும். சேர்க்கைத் தொழில்கள் சைட்டோப் பிளாசத்தில் நிகழ்ந்த போதிலும், அதற்கான கட்டுப்பாட்டுக் கேந்திரமாக உட்கரு விளங்குகிறது. உட்கரு பல்வேறு பொருட்களையும் வரை யறைக்கேற்பச் சேர்க்கை செய்து ஏனைய பகுதிகளுக்கு அனுப்புவ

தில்லை. ஆனல் சேர்க்கைச் செயல்களையும், வளர்சிதை மாற்றச் செயல்களையும் கட்டுப்படுத்தி இயக்குவதற்கான தாதுப்பொருட்களை உட்கரு அனுப்பிவைக்கிறது.



படம் 38

உட்கருபெற்ற, உட்கரு இல்லாத அமீபாவின் துண்டுகளில் ஏற்படும் விளைவுகள்.

*1. அமீபாவை நுண் ஊசியால் வெட்டுதல்; 2. இருதுண்டுகளாகப் பிரிதல்; 3. உட்கரு இல்லாதது, உருண்டையாகிச் செயலற்றுப் போதல்; உட்கரு பெற்றது வளமாக இருத்தல்.*

எனவே உட்கரு இரண்டுபணிகளைச் செய்து வருகிறது. முதலாவதாக அது மரபுச்சேதிகளுக்கு நிலைக்களமாக விளங்குகிறது; அடுத்து செல்லின் அலுவல்களுக்கான இயக்கும் கேந்திரமாக விளங்குகிறது.

## உட்கருவின் பொதுத் தன்மைகள்

முதன் முதலாக உட்கருவின் பௌதிகப் பண்புகளை ஆராயத் துவங்கிய பிரௌன் (Brown, *1833*) அதனை ஒரே தெளிவான பை, என வருணித்தார். பின்னர் அது ஒரு நீள் திறன் கொண்ட கூழ் போன்ற பொருள் எனக் கருதப்பட்டது. செல்களில் உட்கரு, சைட்டோப்பிளாசம் ஆகியவற்றை சரிவரப் பிரித்தறியும்

முயற்சிக்கு பேரன்ஸ் (Behrens, 1932) காரணமாயிருந்தார், பின்னர் ஒரு உட்கரு ஒரு திட்டமான பகுதி என்பதும், அதிலிருந்து குரோம்சோமோகள் உட்கருமணி போன்றவற்றை வகைப்படுத்தி அறிய முடியும் என்பதும் நிறுவப்பட்டது.

மரபிப் பொருட்களின் அளவைப் பொறுத்து உட்கருவின் அளவு மாறுபடுகிறது, பல குரோமோசோம்கள் உள்ளவற்றில் (Polyploid) பெருத்த உட்கரு இருத்தல் கண்கூடு. பெருத்த குரோமோசோம்கள் வெகு சிலவே உள்ள உட்கரு சிறுத்த குரோமோசோம்கள் பல கொண்ட உட்கருவை விடப் பெரியதாகத் தோன்றுகிறது. எனவே, ஒரு செல்லின் அளவை ஓர் உட்கருவின் குரோமிடின் துகள்கள், அதிலும் சிறப்பாக டிஎன்ஏ வின் அளவு நிர்ணயிக்கிறது. பாக்டீரியா, காளான் போன்ற சிலவற்றின் உட்கரு ஒரு மைக்ரான் அல்லது அதற்குக் குறைவான விட்டமுடையதாக உள்ளது. இவற்றில் மிகக் குறைந்த அளவு மரபிப் பொருட்களே காணப்படுகின்றன. பெரிய உட்கருக்களில் மிக அதிகமான அளவில் இப்பொருட்கள் இருக்கின்றன. உட்கரு, சைட்டோப்ளாசம் ஆகியவற்றின் கொள்ளளவு விகிதம், செல் செயலியலுக்கு அடிகோலுகின்ற ஒன்றாகும். சைட்டோப்ளாசம் ஒரு குறிப்பிட்ட விகிதத்தைத் தாண்டியவுடன் செல் பகுப்பதாக நம்பப்படுகிறது. இருப்பினும் இதற்கான ஆதாரங்கள் இன்னும் அளிக்கப்படவில்லை. பெரும்பான்மையான உட்கருக்கள் உருண்டையாகவே உள்ளன. உட்கருச்சவ்வு மிகக்குறைந்த அளவு பரப்பளவைப் பெறுவதற்கு இவ்வடிவம் காரணமாக அமைகிறது. ஆயினும், அதிக அளவில் செயலாற்றும் செல்களின் வடிவம் மடிப்புக்களைக் கொண்டதாக இருக்கிறது. இம்மடிப்புக்கள் பரப்பளவை அதிகரிக்கச் செய்து அவ்விடங்களில் உட்கரு, சைட்டோப்ளாசம் ஆகியவற்றுக்கிடையே இடைவினைகளை (interactions) நிகழ்த்த வாய்ப்பளிக்கிறது.

ஒளி நுண்ணோக்கியல் உட்கருச்சவ்வை நன்கு காண இயலாது. ஆயினும் நிறமிடும்போது உட்கருவின் உள், வெளிப்புறங்களில் நிறப்பொருள் ஒட்டிக்கொள்வதால் இதனைக்காண முடிகிறது. இச்சவ்வில் கொழுப்பும் புரதமும் இருப்பதை ஷ்மித் (Schmidt, 1939), பாடு (Baud, 1949) ஆகியோர் கண்டனர். இது இரட்டை அடுக்குகளாலானது என்ற உண்மையை ஆண்டர்சன் (Andarson, 1953) வெளியிட்டார். இவ்விரண்டு அடுக்குகளும், மூன்று படிவங்களைக்கொண்ட அலகுச் சவ்வு அமைப்புடையவை. இரு அடுக்குகளுக்குமிடையே காணும் இடைவெளி 150Å அல்லது

அதைவிட அதிகமானதாகத் தோன்றும். பெரும்பான்மையான வற்றில், இது உட்கருவைச் சூழ்ந்தமைந்த தொடர்ச்சியான அமைப்பாக இது விளங்குகிறது. ஆயினும் பிறவற்றில் வட்டமான சிறு துளைகள் காணப்படுகின்றன. இத்துளைப் பகுதிகளில் சவ்வின் இரு அடுக்குகளும் ஒன்றோடொன்று இணைந்து 500—1000Å விட்ட முள்ள குழிகளை அமைக்கின்றன. குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றத்தால் ஆராயும்போது, இந்த துளை ஒரு சிறு தகட்டினால் இணைக்கப் பட்டுள்ளதைப்போல் தோன்றுகிறது. இது உள் அடுக்கின் தொடர்ச்சியான பகுதி என்று ஒரு சாராரும், துண்டாக்குகையில் ஏற்பட்ட கோளாறு இதற்குக் காரணம் என மற்றொரு சாராரும் கருதுகின்றனர். எனினும், டிரிப்சின் (Trypsin) நொதியால் கரை படக்கூடிய ஒரு அடர்த்தியான பொருள் இத்துளையை அடைத்து வைக்கிறது - என்று சமீபத்தில் மெர்ரீயம் (Merriam, 1961) என்பவர் கூறியுள்ளார்.

உட்கருச் சவ்வின் துளைகள் தாற்காலிகமான, தோன்றி மறையும் அமைப்புகள் ஆகும். இதற்றின் தோற்றமும் மறைவும் இன்னும் தெளிவாகப் புலப்படவில்லை, இத்துளைகளைத் தவிர, பல வளையங்களும் (annuli) உட்கருச் சவ்வில் அமைந்திருப்பதாக ஸ்விஃப்ட் (Swift, 1956) தெரிவிக்கிறார். உட்கரு, சைட்டோப் பிளாசத்துக்கிடையே பொருட்களைப் பரிமாறிக் கொள்ளும் வடிவங்களே இவை எனவும் அவர் கூறியுள்ளார். துளைகளும், வளையங்களும் கொண்ட இந்நிலை அமீபாவில் மிகச் சிறப்பான முறையில் காணப்படுகிறது. இத்துளைகள் கடத்தும் செயலில் ஈடுபட்டிருக்கின்றன என்பதற்கு ஆதாரமாக இவை சுரக்கும் செல்களில் அதிக எண்ணிக்கையில் இருப்பது சுட்டிக் காட்டப்படு கிறது. உட்கருவினுள் பொருட்கள் நுழைவதையும் வெளியேறு வதையும் காட்டுவதற்கு, சாயப் பொருட்கள், எலக்ட்ரான் ஊடுருவாப் பொருட்கள் (electron opaque materials) முதலியவை பயன்படுத்தப்படுகின்றன. ஃபெல்டெர் (Feldherr, 1962) என் பவர் இவை உட்கருத்துளைகள் மூலமாக நுழைவதைக் கண்டிருக்கிறார்.

பொருட்கள் சவ்வு மூலமாகச் செல்வதற்கும் மேலும் 'சில வழிகள் உள்ளன. எளிய பொருட்கள் ஊடுருவுதல் (Diffusion) முறையினால் கடந்து செல்கின்றன. பெருமூலக்கூறுகள் தேர்ந்து புகுந்து செல்ல, செயலாக்கமுள்ள ஒரு முறை காரணமாயிருக்கக் கூடும் எனக் கருதப்படுகிறது. ஆனால் சக்தி தரும் ஆதாரங்களாக ஏடிபி இத்தொழிலில் பங்கேற்பது நிரூபிக்கப்படவில்லை.

பிளாஸ்மா சவ்வைப்போன்று, உட்கருச் சவ்விலும், நுண்பைகளை அமைக்கும் செல் குடிக்கும்முறை நடைபெறுவதாகச் சிலர் கூறுகின்றனர். இச்செயலை ஒரு சிலவற்றில் மட்டும் காண முடிகிறது.

எதிர் முகப் பகுப்பு நடைபெறுகையில் உட்கருச்சவ்வு உடைபட்டு, உட்கருப் பொருட்கள் சைட்டோப்பிளாசத்தில் கலந்து விடுகின்றன. பின்னர் பகுப்பு முடிவுபெறுகையில், சைட்டோப்பிளாசப் பொருட்களைத் தவிர்த்து உட்கரு மீண்டும் உண்டாக்கப்படுகிறது. இந்நிலையில் உட்கரு, சைட்டோபிளாசம் ஆகியவற்றுக்கிடையே ஏதாகிலும் இடைவினை நிகழக்கூடும். உடைபடுகிற உட்கருச் சவ்வு மற்ற சைட்டோப்பிளாசப் பொருட்களில் சிதறிப்போய் விடுகிறது. எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் காணும்போது, வளர் நிலை விந்தணுக்கள் (Spermatocytel), எலும்பு மச்சை (Bone marrow), தாவரவேர் மெரிஸ்டம்கள் (Root meristems) ஆகியனவற்றில் இத்துண்டுகள் பைகள் போன்று மாறிவிடுகின்றன. தோற்றத்தில் இப்பைகள் உள்தாதுவலையைப் போலவே தோன்றுகின்றன. உட்கரு மீண்டும் அமைக்கப்படுகையில், இப்பைகளனைத்தும், சைட்டோப்பிளாசத்திலிருந்து திரட்டப்பட்டு, ஒருங்கிணைந்து புதிய உட்கருச்சவ்வை அமைக்கின்றன (சார்டர்டு-Charderd, 1960). இவ்வாறு உண்டாக்கப்படும் செயலில் தேவையான சைட்டோப்பிளாச காரணிகள் (Cytoplasmic factors) உட்கருவுக்குள் செல்ல வாய்ப்பு ஏற்படுகிறது.

## இடைநிலை உட்கருவின் பகுதிப்பொருட்கள்
## (Components of interphase nucleus)

உட்கருவினுள் ஐந்து வகையான பகுப்பொருட்கள் அடங்கியுள்ளன. அவை உட்கரு உறை (Nuclear envelope), அல்லது உட்கருச்சவ்வு, குரோமேடின், உட்கருத்திரவம் (nuclear sap), உட்கருமணி, உயிரில் பொருட்கள் (inclusions), என்பவையாகும். இவை ஒவ்வொன்றையும் தனித்தெடுத்து, அவற்றின் வேதியியல் பண்புகளை உணர்ந்து கொள்ளமுடியும். உட்கருச்சவ்வைத் தவிர மற்றவையெல்லாம், இடையில் வரம்புகளில்லாமையால் ஒன்றுடன் ஒன்று கலந்து காணப்படுகின்றன.

### உட்கருச்சவ்வு
### (Nuclear membrane)

உட்கருச்சவ்வு மரபிப்பொருட்களைக் கொண்ட உட்கருவையும், வளர்ச்சிச் செயல்களிலும் (Growth process),

சுரத்தல் செயல்களிலும் ஈடுபடும் சைட்டோபிளாசத்தையும் பிரிக்கின்ற வரம்பாகும். உட்கருவுக்குள் நுழையும் பொருட்களும், வெளியேறும் பொருட்களும் இதைக் கடந்தே செல்லவேண்டும். உட்கருச்சவ்வின் அமைப்பு, வேலை ஆகியனபற்றி பாடு (Baud-*1959*), வாட்சன் (Watson, *1959*), விஷ்னிட்சர் (Wischnitzer-*1968*), ஆகியோர் ஆராய்ந்திருக்கிறார்கள்.

உட்கருச்சவ்வு என்ற அமைப்பு வளர்ந்த உயிரினங்களில்தான் காணப்படுகிறது. பாக்டீரியா போன்ற கீழ்மட்ட உயிரிகளுக்கு உட்கரு ஓரளவு தெளிவாக அமைந்திருப்பினும், அது சைட்டோப், பிளாசத்திலிருந்து தனித்திருப்பதில்லை. இவற்றிலும் டிஎன்ஏ பிரதி யெடுத்தல் (DNA replication), தூதுவர் ஆர்என்ஏ (messenger-RNA), உண்டாதல் ஆகியவை நிகழ்கின்றன. எனவே ஒரு சவ்வா லான உறை இருத்தல், உட்கருவின் வேலைக்கு இன்றியமையாதது அல்ல என்பது தெளிவாகிறது. உட்கருச்சவ்வு சைட்டோபிளாசத் தினால் உண்டாக்கப்பட்ட, மரபிப்பொருட்களைச் சூழ்ந்துள்ள ஓர் அமைப்பு எனலாம். உட்கரு, சைட்டோப்பிளாசத்துக்கிடையே யான உறவுகளை இது ஒழுங்குபடுத்த உதவுகிறது.

உட்கருச் சவ்வை, உட்கருவின் அங்கமாகக் கருதுவதற்குச் சில காரணங்கள் உள்ளன. அது உட்கருவுடன் சேர்ந்து நகர் கிறது: அதனைச் சூழ்ந்து காணப்படுகிறது; உட்கரு தனிப்படுத் தலின்போது (isolation) அதன் ஒரு பகுதியாகச் செயல்படுகிறது. இருந்த போதிலும், முன்பு கூறியவற்றை ஆராயும்போது, உட்கருச் சவ்வு உட்கருவின் பண்புகளைவிட சைட்டோப்பிளாசத் தின் பண்புகளையே அதிகமாகப் பெற்றுக் காணப்படுகிறது. இதனை முதலில் எடுத்துக் கூறியவர்கள் வாட்சன் (Watson, *1955*), பாலாடே (Palade, *1959*), ஆகியோராவர். சில நேரங்களில் உட்கருச் சவ்வு ரைபோநியூக்ளியோ புரதத் துகள்களைப் (RNP) பெற்றுக் காணும்போது, அதை உள்தாதுவலையிலிருந்து வேறு படுத்தி அறிவது சிரமம். மேலும் இவை இரண்டும் உண்மையில் ஒன்றோடொன்று இணைந்து காணப்படுவதாக எப்ஸ்டீன் (Epstein, *1957*), மக்அலியார் மற்றும் எட்வர்ட்ஸ் (Mc Alear and Edwards, *1959*), ஆகியோர் குறிப்பிடுகிறார்கள். எனவே சைட்டோப் பிளாசத்திலுள்ள பொருட்கள் உட்கருவினுள் செல்ல ஒரு சவ்வைக் கடந்தால் போதும் என்பது தெளிவாகிறது. மேலும் உள்தாதுவலை, பிளாஸ்மா சவ்வின் மூலம் வெளியே திறப்பதால் வெளிப்பொருட்கள் உட்கருவினுள் நுழைவதும் எளிதாகிறது. பாலே (Palay, *1960*) பாக்டீரியாக்களைப் போன்று பெரும் பான்மையான செல்கள் வெளிச் சூழ்நிலையோடு நேரடித் தொடர்பு கொள்கின்றன.

உட்கருச் சவ்வைப் பற்றிக் குறிப்பிடவேண்டிய மற்றொரு முக்கியமான விவரம், அது மைட்டோக் காண்டிரியாவுடன் கொண்டுள்ள நெருங்கிய உறவைப் பற்றியதாகும். இவ்வுறவு இரண்டு ஐயப்பாடுகளை உண்டாக்குகின்றன. முதலாவது, இவை இரண்டு பொருட்களைப் பரிமாறிக் கொள்கின்றனவா என்பது: இரண்டாவது, மைட்டோக் காண்டிரியா உட்கருச் சவ்விலிருந்து தோன்றிய ஒரு பகுதியா என்பது. வளர்நிலை விந்தணுக்களில்; மைட்டோக் காண்டிரியாக்கள் கூட்டமாக உட்கருவின் அருகில் அமைகின்றன. இந்த நெருக்கம், மைட்டோக் காண்டிரியாவின் சக்தி ஏடிபியாக உட்கருக்குள் செல்வதையோ, அல்லது பொருட்கள் உட்கருவிலிருந்து மைட்டோக் காண்டிரியாவுக்குள் செல்வதையோ உணர்த்துகிறது. இரண்டாவதாகக் கூறப் பட்டது உண்மை என நம்ப இடமிருக்கிறது. மைட்டோக் காண்டிரியாவுக்குத் தேவைப்படும் டை பாஸ்போ பைரிடின் நியூக்ளியோடைடு (DPN), உட்கருவில் உண்டாக்கப்பட்டு உட்கரு மணியில் சேமிக்கப்படுவதாகத் தெரிகிறது. எனவே, மைட்டோக் காண்டிரியா உட்கருவின் அருகில் வரும் போது, உட்கருமணியும் அத்திசையில் நகர்ந்து, டிபிஎன்னை அனுப்பிவைக்கிறது. [ஃபிரடெரிக் மற்றும் செவ்ரேமாண்ட் (Frederic and Chevremont, 1952)] உட்கருச் சவ்வு மைட்டோக் காண்ட்ரியா ஆகியவற்றுக்கு இடையேயான வெளியமைப்பு உறவுகளை (Morphological relations), எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி காட்டியுள்ளது. எனினும், அவற்றின் வேலை தொடர்பான உறவுகளைப் பற்றி ஆய்வு தொடர்ந்து நடைபெறுகிறது.

## குரோமாடினும், உட்கருத் திரவமும்
## (Chromatin and Nuclear Sap)

குரோமாடின் உப்பு மூல விரும்பிகளான (Basophilic) உட்கருப் பொருட்களாகும். இவை எதிர் முகப் பகுப்பின்போது, குரோமோசோம்களில் காணப்படுகின்றன. ஃபால்ஜன் எதிர் வினையைப் பயன்படுத்தி இவற்றில் டிஎன்ஏ அமைந்திருப்பதும், உட்கருமணி இவற்றிலிருந்து வேறுபட்டது என்பதும் தெளி வாக்கப் பட்டுள்ளன. உட்கருத் திரவம், குரோமாடின்கள் அமைவதற்கான ஓர் அடிப்படைப் பொருளாக விளங்குவதால், அவை இரண்டும் இங்கு சேர்ந்து விளக்கப்படுகின்றன.

உயிருள்ள செல்களின் வாழ்க்கைச் சுழற்சியை ஆராய்கையில் பகுப்பு இடைநிலைப்பருவத்தில் கூட (interphase), குரோமோசோம்களின் தனித்தன்மை, நிலையாக இருப்பது தெரிகிறது.

முதல் நிலையின் போது (prophase) மறைந்த குரோமோசோம்கள் முன்னர் கடை நிலையில் (Telophase) மறைந்த அதே இடங்களில் தோன்றுவதைக் காணலாம். ஆகவே இடைநிலைப் பருவத்தில் காணும், குரோமாடின்களை விரிவடைந்துள்ள பிற பொருட்களால் சூழப்பட்ட குரோமோசோம்கள் என்று கருதுவது பொருந்தும்.

இடைநிலைப் பருவத்தில் குரோமாடின் சிதறுண்டுகாணப்படும் அல்லது 0.25 μ கனமுள்ள சிக்கலான பின்னல் வலையாக இவை தோன்றும். வேறு சிலவற்றில், உட்கருச்சவ்வின் உட்புறத்தில் கனமான படிவமாக இவை அமைந்துள்ளன. அவற்றைத் தவிர இரு வேறு வகையான தோற்றங்களிலும் குரோமாடின்கள் இருக்கக் கூடும். சிலவற்றில் கனமான திட்டுகள் போன்று உட்கருவின் பெரும் பகுதியை ஆக்கிரமித்துக் கொண்டும் இவை தோன்றுகின்றன. இவற்றை மாறுபட்ட குரோமாடின்கள் (Hetero-chromatin) என அழைக்கிறார்கள். எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி ஆய்வுகள் இவற்றை அமைப்பிலோ, திரட்சியிலோ மாறுபாடு கொண்டவையாகக் காட்டவில்லை. ஆகவே, இவைகளையும் படர்ந்து செல்லாத குரோமாடின்களின் கூட்டமைப்பு எனக்கொள்ளலாம். அடுத்தவகையான குரோமாடின்கள், உட்கருமணியைச் சூழ்ந்து காணப்படுகின்றன. உட்கருமணித் தொடர்பான குரோமாடின் (Nucleolus associated chromatin) எனப்படும்.

நன்கு காணக் கூடிய இழைகள் அளவு, அமையுமிடம் திரட்சி ஆகியவற்றில் வேறுபாடுகளைக் காட்டுகின்றன. பிரதி எடுக்கக் கூடிய உட்கருக்களும், பிரதி எடுக்க இயலாத உட்கருக்களும், தங்களுடைய குரோமாடின் அமைப்பில் வேறுபட்டிருக்கின்றன. இவ்வமைப்புகள் வேலைகளுடன் தொடர்பு கொண்டவை என நம்பப்படுகிறது.

## குரோமாடினின் வேதியியல் அமைப்பு
## (Chemical structure of chromatin)

குரோமாடினின் உயிர் வேதியியல் விவரங்கள் பெரும்பாலும் இடைநிலை உட்கருவிலிருந்து அறியப்படுகின்றன. மிர்ஸ்கி (Mirsky, 1955), டவுன்ஸ் (Dounce, 1955), வெண்ட்ரலேஸ் (Vendrelys, 1956), ஆகியோரது முயற்சியின் பயனாக அவை பற்றிய பல உண்மைகள் கிடைத்துள்ளன. குரோமாடினின் வேதியியல் அமைப்பு, செல்களின் வளர் சிதை மாற்றச் செயலைப் பொருத்து மாறுபடுகிறது. வேதியியல் பொருட்களில் அதிக மாறுபாட்டைக் காட்டுவது, அதிக மூலக்கூறு எடையுள்ள அமிலப் புரதமாகும். இவற்றின் அளவு, தனித்தெடுத்த குரோமோசோம்

களில் 5—50% வரை இருக்கும். அதிகச் செயல் திறன் கொண்ட கல்லீரல், கணையத் திசுக்களில் இவை அதிக அளவு உள்ளன. இவற்றுடன் ஆர்என்ஏ தொடர்பு கொண்டிருக்கும். தனித் தெடுத்த குரோமோசோம்களில் சிறப்பிடம் வகிக்கும் வேதியியல் பொருட்கள், நெருங்கிக்காணும் டிஎன்ஏ, ஹிஸ்டோன்கள் ஆகும். ஹிஸ்டோன்களின் அளவு எப்போதும் நிலையாக வைக்கப் பட்டுள்ளது. ஹிஸ்டோன்களைத்தவிர, பிற கரையும் புரதங்களும் காணப்படுகின்றன. இவை குரோமாடின் இடைவெளிகளில் இருக்கக்கூடும். இவைகளைத்தவிர, ஹிஸ்டோனில்லாத பிற புரதங்களும் உள்ளன.

ஓர் உட்கருவில் காணப்படும் டிஎன்ஏ வின் அளவு, அதன் குரோமோசோம்களுக்கேற்ப நிலையாக உள்ளது. டிஎன்ஏ வளர் சிதை மாற்றத்தில், நிலையாக இருக்கிறது. குரோமாடினில் உள்ள ஆர்என்ஏ வினைக் காண, எதிர்முகப் பகுப்பிலிருக்கும் குரோமோ சோம்கள் பயன் படுத்தப்பட்டன. எனவே, அவற்றில் மட்டுமே ஆர்என்ஏ இருப்பதாக முதலில் நம்பினார்கள். ஆனால் காஃப்மன் (Kaufmann, *1961*), என்பார், இடைநிலை உட்கருவின் குரோமாடி னிலும் இது இருப்பதைக் காட்டினார். ஆர் என் ஏ, டி என் ஏ இரண்டும் நெருக்கமான தொடர்பு கொண்டவை.

குரோமாடினில் மிகத்தெளிவற்ற முறையில் இருப்பவை கொழுப்புகளாகும். இவற்றின் உலர் எடை 5—10% அளவாகும். நடுநிலைக் கொழுப்புக்களைவிட (neutral lipids), பாஸ்ஃபோலி பிட்கள் மிகுதியாக உள்ளன. மேலும் உலோக கேடயான்களான (Cation), கால்சியம் (Calcium), மக்னீஷியம் (Magnesium), ஆகி யவையும் இருப்பதாகத் தெரிகிறது.

சமீபகாலத்தில் உயிர்வேதியியல் ஆய்வுகள், பல உண்மை களைத் தெளிவுபடுத்தியுள்ளன. முதலாவதாக, டிஎன்ஏவும் ஹிஸ் டோனும் ஓர் உப்புக்கோர்வையினால் (Salt linkage), கட்டப்பட் டுள்ளன. குரோமாடினின் அமைப்புக்கு, டிஎன்ஏ ஆதாரப் பொரு ளாகிறது. மேலும் டிஎன்ஏ மரபிப்பொருளாக செயலாற்றுகிறது என்பதற்கும் ஆதாரங்கள் உள்ளன. ஆனால் இது எவ்வாறு மரபிப் பொருளாகப் பணியாற்றுகிறது என்பது நீண்ட நாட்களாகப் புரிந்துகொள்ளப்படவில்லை. வாட்சனும், கிரிக்கும் (Watson and Crick, *1953*), டிஎன்ஏ மூலக்கூற்றின் அமைப்பைத் தெளி வாக்கிய பின்னர், அதுமரபியல் சாதனமாக விளங்குவதன் உட் பொருளை நன்கு உணரமுடிகிறது.

கிரிக் என்பார், தம்முடைய தொடர்நிலைக் கோட்பாட்டில் (Sequence hypothesis), மரபியல் சேதிகள் டிஎன் ஏ தொடரின் பியூரின் (Purine), பிரிமிடின் (pyrimidine) உப்புமூலங்களில் நிலை கொண்டிருப்பதாகத் தெரிவித்தார். மேலும் அவர், இவற்றி லிருந்து புரதச் சேர்க்கைக்கான வரை முறைகளைத் தாங்கி, தூதுவர் ஆர் என் ஏ (messenger RNA) உண்டாக்கப்படுவதாகவும் விளக் கினர். இவ்வுண்மை, தூதுவரை உண்டாக்குவதில் ஆர் என் ஏ, டி என் ஏ ஆகியவை நெருக்கமாகத் தொடர்பு கொண்டிருப் பதையும் புலப்படுத்துகிறது.

ஆர் என் ஏ - டிஎன்ஏ ஆகியவற்றுக்கிடையேயுள்ள அமைப்பு அடிப்படையான தொடர்பை இதுவரை எவரும் எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி வாயிலாக விளக்கவில்லை. இத்துறை மேலும் வளர்ச்சி பெறும்போது, இதைப் பற்றிய மேலும் பல உண்மைகள் கிடைக்கக் கூடும்.

## உட்கருமணி

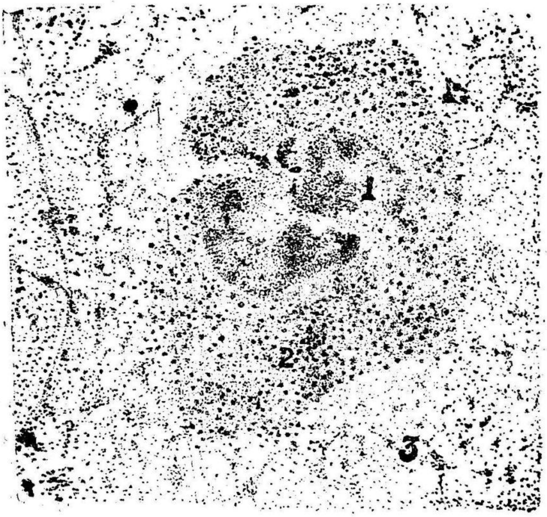
## (The Nucleolus)

பெரும்பாலான இடைநிலை உட்கருக்களில், ஓர் அடர்த்தியான உருண்டையான, ஆர் என் ஏ புரதம் கொண்ட அமைப்பு காணப் படுகிறது. உயிருள்ள செல்களில் தெளிவாகத் தெரியும். இந்த அமைப்பை பௌமன் (Bowman, *1840*) உட்கருமணி (*நியூக்ளி யோலஸ்*) என அழைத்தார். இது பிளாஸ்மாசோம் (Plasmasome) எனவும் வழங்கப்படுகிறது. வெளி அமைப்பு ஆதாரங்கள், இது உட்கரு சைட்டோப்பிளாச செயல் முறைகளுக்கு இணைப்பாக விளங்குவதைக் காட்டுகிறது. இதன் வேலைகளைப்பற்றி முன்னர் மூன்று கருத்துக்கள் தெரிவிக்கப்பட்டன. (1) குரோமாடினேடு நெருங்கிய தொடர்பு கொண்டிருப்பதால் இது குரோமோ சோம் பொருட்களைச் சேமிக்கும் சாதனம் எனக் கருதப் பட்டது. (2) எதிர்முகப் பகுப்பில் துவக்கத்தில் மறைந்து இறுதியில் மீண்டும் தோன்றுவதால், கதிர் அமைப்புக்கான பொருட்களைச் சேமிக்க உதவுகிறது என்று ஊகிக்கப்பட்டது. (3) சுரக்கும் செல்களில் பெருத்த அளவில் இது காணப்படுவதால், சில பொருட்களைச் சுரந்து சைட்டோப் பிளாசத்துக்கு அனுப்புவதாக நம்பப்பட்டது.

இக்காலத்தில் இம்மூன்று கருத்துக்களும், சில மாறுதல்க ளுடன் ஒப்புக் கொள்ளப் படுகின்றன. எனினும் முதலாவது வேலையான, குரோமோசோம் பொருட்களைச் சேமிப்

புது பலரால் ஒப்புக் கொள்ளப் படவில்லை. இரண்டாவதாக, உட்கருமணி சேதமடைந்த செல்களில் எதிர்முக்ப்பகுப்பு சரியாக நடைபெறுவதில்லை என ஆய்வுகள் காட்டுகின்றன. மூன்றுவதாக; ரிபோ நியூக்ளியோ புரதங்களை உருவாக்கி, சைட்டோப் பிளாசத்துக்கு இது அனுப்புவதாகத் தெளிவாகத் தெரிகிறது.

உட்கருமணியை, தனித்தியங்கவல்ல நுண்ணுறுப்பாகக் கருதுவது பொருத்தமில்லாத ஒன்றுகும். அதை ஓர் உட்கருவின் கருவி (nucleolar apparatus) எனக்கொள்வது சிறப்பானதாகும். உட்கருமணி எளிதில் மாறுதல் பெறக்கூடிய அமைப்பாகும். இருப்பினும் எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் அமைப்பை அடிப்படையாகக்கொண்டு இரு பிரிவுகளாகப் பிரிக்கலாம். அவற்றில் ஒரு பிரிவு, அடர்த்தியான 100 Å அளவுள்ள துகள்களால் ஆனது.



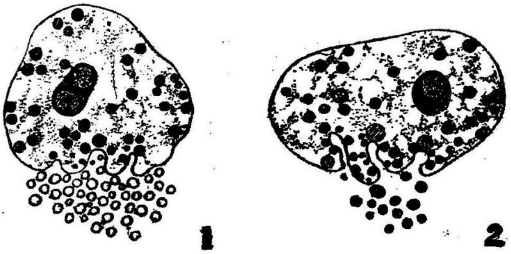

படம் 39
எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் காண்பதைப் போன்ற உட்கருமணியின் அமைப்பு

1. நார்களைக் கொண்ட மையப்பகுதி; 2. துகள்களைக் கொண்ட ஓரப்பகுதி; 3. உட்கருமணியைச் சூழ்ந்திருக்கும் குரோமாடின்;

இத் துகள்கள் உட்கருமணியின் ஆதார அமைப்பாகவும், அடர்த்தியான புறப்பகுதியாகவும்(Cortex) பின்னல்வலை போன்றும் தோற்ற மளிக்கும். பின்னல் வலை போன்ற அமைப்பு நியூக்ளியோலோனிமா (Nucleolonema) என்று அழைக்கப்படுகிறது. (எஸ்டப்பின் மற்றும் சோட்டலோ (Estable and Sotelo, 1955), அடர்த்தி குறைவாக உள்ள உட்கருமணியின் மற்றொரு பகுதி, அமைப்பில்

லாப்பகுதி அல்லது பார்ஸ் அமார்ஃபா (Pars amorpha) என அழைக்கப்படுகிறது.

அநேக செல்களில், உட்கருமணியைச் சூழ்ந்து குரோமாடின் காணப்படுகிறது. அவரை, வெங்காயம் ஆகியவற்றின் வேர்நுனி களிலுள்ள உட்கருமணிகளில், குரோமாடின் இழைகள் உட்கரு மணிக்குள் நுழைந்து செல்கின்றன. எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி, இவை இரண்டும் நீக்கமறப் பிணைந்திருப்பதைக் காட்டுகிறது. சில வற்றில் உட்கருமணியில் காணும் நட்சத்திர அமைப்புகள் இவை இரண்டையும் இறுகப்பிணைக்க உதவுகின்றன.




படம் 40

உட்கருமணியி லிருந்துபொருட்கள் தோன்றல்

முதல்நிலை முட்டைகளின் உட்கருமணிகள் ரிபோசோம் போன்ற பொருட்களைச் சேர்க்கை செய்து அனுப்புகின்றன.

குரோமோசோம்களில், உட்கருமணியைத் தோற்றுவிக்கும் பகுதி (Nucleolar organizing region), இருப்பதாக ஹீட்ஸும், மக்கிளிண்டாக்கும் (Heitz and Meclintock, *1934*), தெரிவித்தனர். குரோமோசோம்களின் வெவ்வேறு இடங்களில் தோன்றுகின்ற உட்கருமணிப் பொருட்கள் இப்பகுதியில் திரட்டப்பட்டு, உட்கரு மணி அமைக்கப்படுகிறது. உட்கருமணி தோன்றும் பகுதி கதிர் வீச்சத்தினால் (Radiation), பிளக்கப்பட்டால், ஒவ்வொரு துண்டும் ஓர் உட்கருமணியை அமைக்கிறது. இப்பகுதி இல்லாவிட்டால், இயல்பான உட்கருமணி உண்டாவதில்லை. மாறாக, மற்ற குரோமோசோம்களிலிருந்து சிறு உட்கருமணிகள் பல தோன்று கின்றன. இது தொடர்பான ஆய்வுகள் மூன்று உண்மைகளைத் தெளிவாக்குகின்றன. (1) உட்கருமணியைத் தோற்றுவிக்க, குரோமோசோமின் சிக்கலான ஒரு பகுதி தேவைப்படுகிறது. (2) உட்கருமணி குரோமோசோமின் ஒரு குறிப்பிட்ட பகுதியில் மட்டும் தோன்றுவதில்லை. ஏனைய குரோமோசோம்களின் மற்ற

பகுதிகளிலிருந்தும் இது தோன்ற முடியும், (3) உட்கருமணி தோன்றும் பகுதிகளுக்கிடையே போட்டி முறையிலான எதிர்வினை தோன்றுகிறது. உட்கருமணி தோன்றுவது குறித்து ஐயப்பாடுகள் எழுந்துள்ளன. இதற்குக் காரணம், சேர்க்கையா, திரட்டுதலா என்பதற்கு இதுவரை ஆதாரங்கள் கிடைக்கவில்லை.

உட்கருமணி பழைய கதிர் நார்களின் புகலிடமாகவும், புதிய நார்களின் அமைப்பிடமாகவும் பணிபுரியும் என்ற கருத்து நிலவுகிறது. இதைச் சற்று ஆராய்வோம். உட்கருமணி எதிர்முகப் பகுப்புக்கு ஒரு வகையில் இன்றியமையாததாகும். மக்லீஷ் (Mc Leish 1955), என்பவர், சில தாவரச் செல்களில் கதிர் வீச்சத்தினால் உட்கருமணியை அழிக்கும்போது, அவற்றில் பகுப்பு நிகழ்வதில்லை எனத்தெரிவித்துள்ளார். ஆனால் பழ ஈ அல்லது டிராஸோபிலாவின் (Drosophila), முட்டைகளில் உட்கருமணி இல்லாவிட்டாலும், பகுப்புகள் நிகழ்கின்றன. பகுப்பின்போது எஞ்சியுள்ள நார்கள் உட்கருமணிக்குள் செல்வதாகக் கூறுவதற்கு ஆதாரம் கிடையாது.

## உட்கரு உயிரில்பொருட்கள்
## (Nuclear inclusions)

உயிர்வேதியியல் ஆய்வுகள், தனித்தெடுக்கப்பட்ட உட்கருக்களில் புரதச்சேர்க்கை தொடர்ந்து நிகழ்வதாகக் காட்டுகின்றன. (ஆல்ஃப்ரே Allfrey 1957), உட்கருவினுள் உட்கருமணியைவிட குரோமாடினில் மிகுதியான புரதச் சேர்க்கை நடைபெறுகிறது. ஆனால் எத்தகைய புரதம் தோன்றும் என்பதும், தோன்றும் புரதம் உட்கருவிலேயெ பயன்படுகிறதா அல்லது வெளியே அனுப்பப்படுகிறதா என்பதும் இன்னும் விளக்கப் படவில்லை. பல்வேறு வகையான நொதிகளும் உட்கருவில் உள்ளன. நீர்நில வாழ்வன (amphibia), பறவைகள் ஆகியவற்றின் உட்கருவில் ஹீமோகுளோபின் (Haemoglobin), இருப்பதாகத் தெரிகிறது

கல்லீரல் உட்கருக்களில் கிளைகோஜன் (Glycogen), குவியலாக அமைந்திருப்பதாகக் கண்டுள்ளனர். இவை சைட்டோப்பிளாசத்திலிருந்து ஊடுருவிச் சென்று உட்கருவினுள்ளே அமைவதில்லை. எனவே கிளைகோஜன் சேர்க்கைக்கான ஆற்றல் உட்கருவுக்கு இருக்க வேண்டும். இது உண்மையாயின், ஆதார நொதிகளான ஹெக்சோகினேஸ் (Hexokinose), பாஸ்ஃபோ குளுகோ முடேஸ் (Phospho glucomutase), யுரிடின் டை பாஸ்ஃபோ குளுகோஸ் டிரான்ஸ் ஃபரேஸ் (UDPG Transferase), போன்றவை, உட்கருவினுள் இருக்கவேண்டும்.

## தொடர்ந்து படிக்க

1. Alfret, M., In 'The Chemical basis of heredity', John Hopkins Press, Baltimore, Maryland, 1957.

2. Allfrey, V.G., and Mirsky, A.E., In 'Sub cellular particles', Ronald Press, New York 1959.

3. Barnard, E.A., In 'The Cell nucleus', Academic Press, New York 1960.

4. Beermann, W., In 'Developmental Cytology', The Ronald Press, New York 1959.

5. Bloch D.P., In 'Frontiers of Cytology', Yale Univ, Press, New Haven, Connecticut 1958.

6. Caspersson, T., Cell growth and Cell function, Norton, New York 1950.

7. Fitzgerald, P.J., In Analytical cytology', Mc Graw Hill, New York 1955.

8. Freese, E,, 'Molecular genetics', Academic Press, New York 1963.

9. Gall, J.G., 'The chemical basis of development'', John Hopkins Press, Baltimore, Maryland 1958.

10. Ingram, V.M., In 'The Molecular control of cellular activity', Mc Graw Hill, New York 1962.

11. Leduc, E.H., and Bernhard, W., In 'The interpretation of Ultra structure', Academic Press, New York 1962.

12. Mazia, D., In 'The Cell', Academic Press, New York 1961 Vol III.

13. Moses, M.J., and Lafontaine, J.G., In 'Recent advances in Botany', University of Toronto Press, Toronto 1961.

14. Swanson, C.P., Cytology and cytogenetics, Prentice-Hall, New Jersey 1957.

15. Taylor, J.H., Molecular Geneties, Academic Press, New York 1963.

# 12. உட்கரு அமிலங்கள்

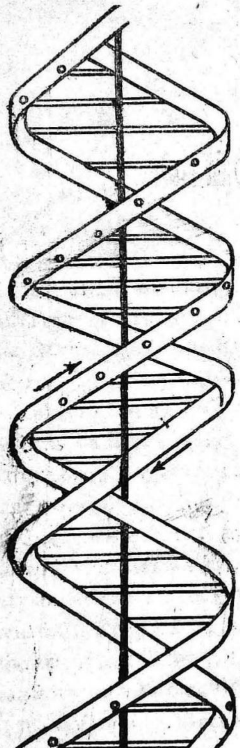
## (Nucleic Acids)

உட்கரு அமிலங்கள் மிகவும் உயிரியல் முக்கியத்துவம் வாய்ந்தவை. தொடர்ச்சியாக உயிரிகளை அமைப்பதற்காக மரபியல் சேதிகளைக் கொண்டு செல்வதிலும், சிறப்பான புரதங்கள் சிலவற்றை ஒருங்கிணைத்து தருவதற்கும் அவை அரும்பணி ஆற்றுகின்றன. செல்லின் அலுவல்கள் அனைத்தும் பல நொதிகளை சார்ந்து உள்ளன. நொதிகள் உட்கரு அமிலங்களைச் சார்ந்து உள்ளன. புரதங்களைப் போன்றே இவையும் சிறு அலகுகளான பாலிமர்களால் (Polymer) ஆனவை. இருப்பினும் வேதியியல் அடிப்படையில் அவை வேறுபட்டவை. உட்கரு அமிலங்கள் அமினோ அமிலங்களால் ஆனவையல்ல. அவற்றின் அங்கக அமைப்புகளுக்கு நியூக்ளியோடைடுகள் (Nucleotides) என்று பெயர். சர்க்கரை அமைப்பில் இரு உட்கரு அமிலங்களும் மாறுபட்டுள்ளன. ஆர் என் ஏ வில் ரைபோஸ் சர்க்கரையும் (Ribose Sugar), டிஎன்ஏ வில் ஒரு ஆக்சிஜன் அணு குறைந்து டி ஆக்ஸி ரைபோஸ் சர்க்கரையும் (De Oxyribose Sugar) காணப்படுகின்றன. டிஎன்ஏ வுடன் இணைந்துள்ள நைட்ரஜன் ஆதார அமைப்புகள் (உப்பு மூலங்கள்) அவற்றின் சர்க்கரையுடனும் இணைந்துள்ளன. அவையாவன: அடினைன் (Adenine), குவானின் (Guanine), தைமின் (Thymine), சைடோசின் (Cytosine). ஆர்என்ஏ வில் தைமினுக்கு பதிலாக யுரேசில் (Uracil) காணப்படுகிறது. உட்கரு அமிலங்களின் அமைப்பில், நியூக்ளியோடைடுகள் சங்கிலி போன்று அமைந்து, அவற்றில் சர்க்கரை, பாஸ்பேட் ஆகியவை சேர்க்கப்படுகின்றன.

## டி என் ஏவின் அமைப்பும் பிரதியெடுத்தலும்
## (Structure and Replication of DNA)

பல் வகையான உயிரினங்களில் 1940 முதல் நடத்திய ஆராய்ச்சிகள், டி என் ஏ தான் பெரும்பான்மையானவற்றின்

பொதுவான மரபியல் பொருளாக விளங்குகின்றன என்பதை விளக்கின. வைரஸ்கள் போன்ற சிலவற்றில் ஆர் என் ஏ இப் பணியைச் செய்கின்றது. மைக்கோ பிளாஸ்மா (Mycoplasma), பாக்டீரியா போன்றவற்றில் டிஎன்ஏமற்ற மூலக் கூறுகளுடன் இணைந்து காணப் படுவதில்லை. ஆனால் தாவர, விலங்கு செல் களின் உட்கருக்களில் டிஎன்ஏ புரத மூலக் கூறுகளுடன் சேர்ந்து குரோமோசோம் களில் அமைந்துள்ளன.

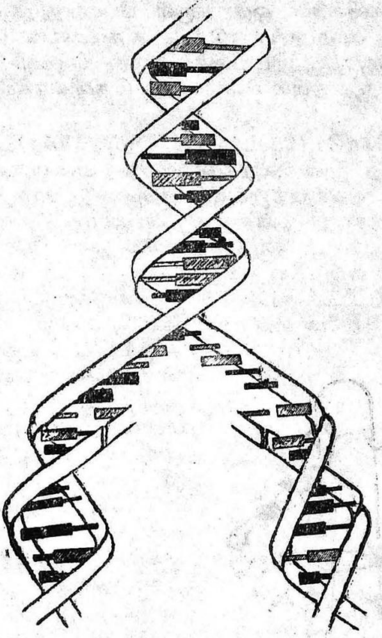


படம் 41

டிஎன் ஏ மூலக் கூற்றின்அமைப்பைக்காட்டும் வாட்சன், கிரிக் அமைத்துத் தந்த மாதிரி.
இருசங்கிலிகளில் காணும் உப்பு மூலங்களை (Bases) ஹைட்ரஜன் இணைப்புகள் சேர்த்து வைக்கின்றன.

டிஎன்ஏவின் அடிப்படை அமைப்புகள் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளன. இவற்றில் நான்கு வகையான அடிப்படைப் பொருட் களான (உப்பு மூலங்களான) இரண்டு பியூரைன், அடினைன், குவானின் ஆகியவை அடங்கியுள்ளன. பிரிமிடைன்களில் தைமினும் சைடோசினும் அடங்கும். இந்த உப்புமூலங்களில் ஏதாகிலுமொன்று டி ஆக்சிரை போசுடன் (Deoxyribose) சேரும்போது நியூக்ளியோடைடு உண்டா கிறது. பாஸ்பேட் எஸ்டருடன் (Phosphate Ester) சேர்ந்து உண்டாகிற நியூக்ளி யோடைடுகளிலிருந்துதான் டிஎன்ஏ மூலக் கூறு கட்டப்படுகிறது. அலகுகள் பலவும் ஒருங்கிணைக்கப்பட்டு ஒரு நீண்ட பாலி நியூக்ளியோடைடு சங்கிலியை (Poly-nucleotide Chain) அமைக்கின்றன. இந்த விவரங்களனைத்தும் 1940ல் தெரிந் திருந்தன. அலகுகள் அனைத்தும் பாஸ்பேட் கோர்வைகளால் இணைக்கப் பட்டிருப்ப தாக அப்போது கருதப்பட்டது. எனினும் டி என் ஏ வின் பக்க அமைப்பையோ, அத் தகைய மூலக்கூறு எவ்வாறு ஏராளமான மரபியல் குணங்களை தாங்கிச் செல்கிறது என்பதையோ அப்போது அறிந்திருக்க வில்லை.

டிஎன்ஏவைப் பற்றிய வேதியியல் ஆராய்ச்சி சார்ஃப் Chargaff 1947), என்பவரால் நடத்தப்பட்டது. அவர் டிஎன்ஏ



படம் 42

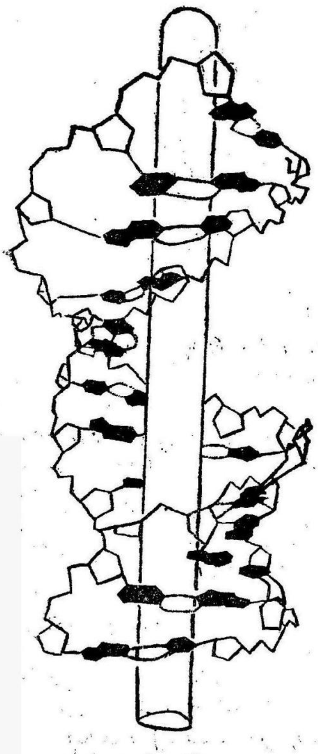
டிஎன் ஏ பிரதியெடுக்கும் நிலையில் இருப்பதைக் காட்டும் மாதிரி

வில் சம அளவில் பெரிய பியூரைன் உப்புமூலங்களும் சிறிய பிரமிடைன்களும் இருப்பதாக எடுத்துக் கூறினர். மேலும் அவர் அடினைன், தைமின் ஆகியவையும் சைடோசின், குவானன் ஆகியவையும் சமமூலக்கூறு அளவுடன் இருப்பதையும் காட்டினர். இக் கருத்துகளின் உட்பொருள் சில ஆண்டுகட்குப் பின்னர் டிஎன்ஏ வின் அமைப்பு வெளியானவுடன் நன்கு புலப்பட்டது.

பிறகு 1950-ல்வில்கின்சும், (Wilkins) அவர் குழுவினரும் விலங்குகளிலிருந்து டி என் ஏ இழைகளைச் சுத்தமாகப் பிரித்தெடுத்து, அவற்றை எக்ஸ் கதிர் பரப்புகையில் ஈடுபடுத்தினர்கள். அவற்றில் பியூரைன், பிரமிடைன் அடிப்படைகள் உப்பு மூலங்கள் மூலக்கூற்றின் மீது 3.4 Å அளவுள்ள ஒழுங்கான இடைவெளிகளில் அமைக்கப் பட்டிருப்பதாக அவர்கள் கண்டனர். இத்தகைய ஒழுங்கு அமைப்பு 34Å தூரத்துக்கு ஒரு முறை மீண்டும் தோன்றுகின்றன. அதாவது 10 நியூக்ளியோடைடு அலகுகளுக்கு ஒரு முறை மீண்டும் தோன்றுகின்றன, எனவே இம் மூலக்கூறு நீளமான வடி

வத்தில் இருக்கவில்லை. ஒரு சுருள் போன்று சுருட்டிவைக்கப்பட்டுள்ளது என அவர்கள் எடுத்து காட்டினர். அடர்த்தியை அளக்கும் ஆய்வுகள், இம்மூலக்கூறு ஒரு நியூக்ளியோடைடு சங்கிலியால் மட்டும் ஆனதல்ல என்பதைத் தெளிவாக்கின.

பாலிங், கோரே (Pauling and Corey, *1951*), ஆகியோர் சுருண்டமைந்த புரத மூலக்கூறுகளை அறிந்த பின்னர், தங்கள் கருத்துகளை டிஎன்ஏ மூலக்கூற்றுக்கும் ஒப்பிட்டு பார்த்தனர். அவர்கள் டிஎன்ஏ மூலக்கூறு மூன்று சுருண்டமைந்த நியூக்ளியோடைடு சங்கிலிகளால் ஆனது எனக் கூறினர். பாஸ்பேட் குழுக்கள் இந்த அமைப்பின் உள்பகுதியிலும், பியூரைன், பிரமிடைன் குழுக்கள் வெளியே நீட்டிக்கொண்டும் அமைந்திருப்பதாக இவர்கள் கூறினர். ஆனால் பல உயிர் வேதியியல் வல்லுநர்கள் மூலக்கூற்று அமைப்பை உறுதிப்படுத்த உப்பு மூலங்களுக் கிடையில் ஹைட்ரஜன் இணைப்புகள் இருப்பது நலமாக இருக்கும் எனத்தெரிவித்தனர். எனவே பாலிங், கோரே ஆகியோர் கூறியதைப் போலின்றி பல நியூக்ளியோடைடு சங்கிலிகளுக்கிடையில் உப்பு மூலங்கள் ஒன்றை ஒன்று நோக்கி அமைந்திருந்தால்தான் இது ஏற்பட முடியும்.



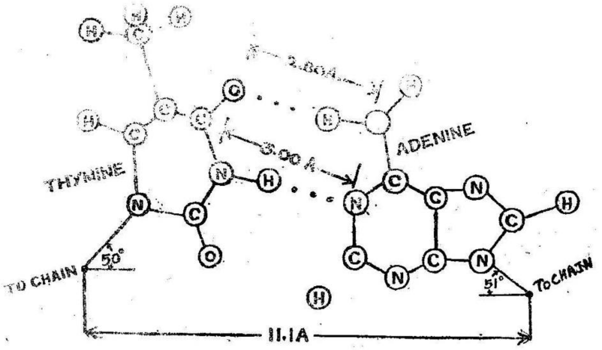
படம்—43

**டி என் ஏ மூலக்கூறு**

**வாட்சன், கிரிக் மாதிரியை அடிப்படையாகக் கொண்டு வரைந்த டி என் ஏ மூலக்கூற்றின்வரைபடம்.**

இதைத் தொடர்ந்து 1953-ல், வாட்சன்,கிரிக் (Watson and Crick) ஆகியோர் புகழ்பெற்றடிஎன்ஏ வின் இரட்டைத் திருகு மாதிரியை (Double helix model)அமைத்தனர். பிறகு இதற்காக அவர்களும் வில்கின்சும்நோபல் பரிசுவழங்கப் பெற்றனர். இரட்டைத் திருகுமாதிரி படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. அது இரண்டு சுருண்டமைந்த பாலி நியூக்ளியோடைடு சங்கிலிகளைக் கொண்டுள்ளது. அச்சங்கிலியில் காணும் அருகருகேயமைந்த டி ஆக்ஸிரைபோஸ் சர்க்கரை அலகுகள்பாஸ்பேட் குழுக்களால் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இவ்வாறு வெளிப்பகுதியில் பாஸ்பேட் சர்க்கரைத் தொடர் காணப்படுகிறது, நியூக்ளியோடைடு அலகுகளின் பியூரைன், பிரமிடைன் அடிப்படைகள் (உப்பு மூலங்கள்)உட்புறம் திரும்பிஹைட்ரஜன் இணைப்புகளால் கோர்க்கப்பட்டுள்ளன. ஒரு நியூக்ளியோடைடின் உப்பு மூலம் மற்ற சங்கிலியி

லுள்ள நியூக்ளியோடைடின் உப்புமூலத்துடன் இணைந்துள்ளது. இந்த இணைப்பு மிகவும் திட்டமான முறையில் காணப்படுகிறது. அடினைனுக்கும் தைமினுக்கும் இடையிலும், சைடோசினுக்கும் குவானினுக்கும் இடையிலும்தான் இத்தகையஇணைப்பு ஏற்பட முடியும். அடினைன் தைமினுக்கிடையில் இரண்டு ஹைட்ரஜன் இணைப்புகளும், சைடோசின் குவானினுக்கிடையில் மூன்று இணைப்புகளும் உள்ளன. இத்தகைய மாதிரி அமைப்பு, டி என் ஏ சமமான அடினைன் தைமின் எண்ணிக்கை கொண்டிருக்கும் என்று சார்காஃப் (Chargaff) முன்னர் கூறியதை உறுதிபடுத்து கிறது. திருகின் விட்டம் 20Å அளவாக உள்ளது. சுருண்டுள்ள இரு சங்கிலிகளும் மாறி மாறி அமைந்துள்ள ஒடுங்கிய பள்ளங்களுடன் ஒரு மூலக்கூற்றை உண்டாக்குகின்றன. சங்கிலியின் ஒவ்வொருவளைவும் 34 ஆங்ஸ்ட்ராமுக்கு ஒரு முறை தோன்றுகிறது. இந்த சங்கிலியின் நீளத்தில் 10 நியூக்ளியோடைடு காணப்படுகின்றன.




படம் 44

உப்பு மூல இணைகளின் ஹைடிரஜன் இணைப்பு

இரண்டு சங்கிலிகளும் ஒன்றுக்கொன்று பொருத்தமான உறவு கொண்டவையாக அமைகின்றன. எனவே அடிப்படைகளின் தொடர்ச்சியான அமைப்பும் பொருத்தமான முறையில் உள்ளது. ஒரு சங்கிலியின் ஒரு குறிப்பிட்ட பகுதி, அடினைன் குவானின்-சைடோசின்-குவானின் என அமைந்து இருந்தால் அதற்கு பொருந்தும் வகையில் மற்ற சங்கிலி, தைமின்-சைடோசின் - குவானின் - சைடோசின் என்ற அமைப்பைக் கொண்டிருக்கும். உப்புமூல இணைகளில் பாஸ்பேட்- சர்க்கரைக்-

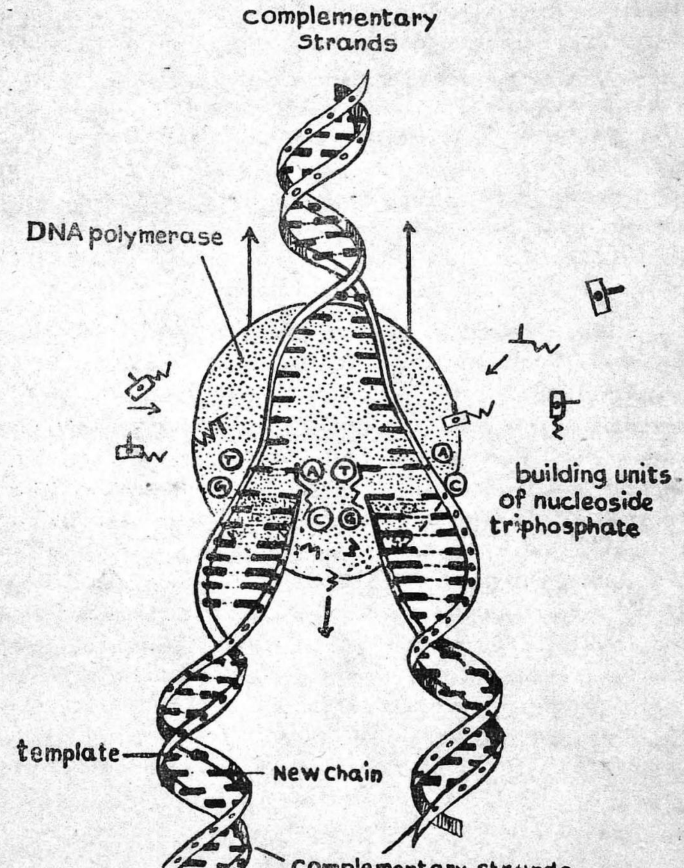
கோர்வைகள் வெவ்வேறு திசைகளில் செல்லக் கூடியவையாக இரு சங்கிலிகள்காணப்படுகின்றன.

பாலி நியூக்ளியோடைடு உப்பு மூலங்களுக்கிடையில் காணும் ஹைட்ரஜன் இணைப்புகள், இரட்டை திருகுக்கு வலிவூட்டும் வகையில் காணப்படுகின்றன. இருப்பினும் சாதாரண வெப்ப நிலையில் எளிதில் உடைபட்டு, திரும்ப அமைக்கும் வகையில் அவை தளர்ச்சியானவையாகவும் உள்ளன.

மூலக்கூற்று உயிரியல் (Molecular biology), வல்லுநர்களின் சிறந்த டிஎன்ஏ மூலக் கூற்றில் கொண்டு செல்லப்படுகிறது என்பது நன்கு விளங்குகிறது. நான்கு உப்புமூலங்களான அடினைன், தைமின், சைடோசின், குவானின் ஆகியவை எவ்வாறு டிஎன்ஏ சங்கிலியில் வரிசைபடுத்தப் பட்டுள்ளன என்பதைப் பொறுத்து இதனைத் தீர்மானிக்க முடியும். டிஎன்ஏ மூலக்கூறுகள் பெரியவையாக இருக்கக்கூடும். எடுத்துக் காட்டாக எஸ்செரிக்கையா கோலை (Escherichia coli), என்ற பாக்டீரியாவில் இதனுடைய நீளம் $1000\ \mu$ ஆக இருக்கிறது. இந்த டிஎன்ஏவில் காணப்படும் இணை நியூக்ளியோடைடுகளின் எண்ணிக்கை $3 \times 10^6$ ஆக இருத்தல் வேண்டும். ஒரு இணை நியூக்ளியோடைடின் மூலக்கூற்று எடை 600 எனத் தெரிகிறது. எனவே இந்த பாக்டீரியாவிலுள்ள டிஎன்ஏவின் மூலக்கூற்று எடை $600 \times 3 \times 10^6$ என இருக்க வேண்டும் எனவே ஏராளமான நியூக்ளியோடைடுகள் இவ்வாறு பல்வேறு உயிரினங்களின் டிஎன்ஏவில் இருப்பதால் உப்பு மூலங்களின் அமைப்பு வேறுபடக்கூடும். ஒரே மாதிரியாக வரிசைப் படுத்திய நியூக்ளியோடைடுகள் டிஎன்ஏவில் அமைந்துஒரு சந்ததியிலிருந்து மற்றொன்றுக்கு செலுத்தப்பட்டால்தான் மரபியல் குணங்கள் தொடர்ச்சியாக இருக்கமுடியும். எனவே செல் பகுப்பின் போது டிஎன்ஏ ஒரேமாதிரியாக பிரதியெடுக்க வேண்டியது அவசியமாகிறது.

வாட்சனும் கிரிக்கும் டிஎன்ஏவின் இரட்டைதிருகு அமைப்பே அதன் மூலக்கூறுகள் எவ்வாறு பிரதியெடுக்கும் என்பதைச் சுட்டிக் காட்டுகின்றன என்று தெரிவித்தனர். இருசங்கிலிகளும் சுருளை அகற்றி இணைக்கும் அலகுகள் கிடைக்கும் போது பிரிந்தால்தான் இந்த அலகுகள் தங்கள் உப்பு மூலங்களால் ஒற்றைச் சங்கிலியின் உப்பு மூலங்களுடன் ஒட்டிக்கொள்கின்றன. ஒவ்வொன்றிலும் ஹைடிரஜன் இணைப்புகளால் சரியாக அமைக்கப் பட்ட ஒரு புதுச் சங்கிலி தொடர்பு கொள்கிறது. இவ்வாறு புதிய சங்கிலியுடன் தொடர்பு கொள்ள பழைய சங்கிலி ஒவ்வொன்றும்

ஒரு வார்ப்பு கருவியாக (Template), பயன்படுகிறது. இறுதியாக இரண்டு சுருண்டமைந்த திருகுகள் அமைக்கப்படுகின்றன. இவை ஒவ்வொன்றும் டிஎன்ஏ மூலக்கூற்றின் சரியான நகலாகத் தோற்ற மளிக்கின்றன. இவ்வாறு டிஎன்ஏவை உருவாக்குகின்ற முறை யில் ஒவ்வொரு சேய் டிஎன்ஏ மூலக்கூறும் தாய் மூலக்கூற்றின் ஒரு பழைய சங்கிலியையும், ஒரு புதிதாக உருவாக்கப்பட்ட சங்கிலியை யும் கொண்டிருக்கிறது. எனவே இம்முறை பாதி பழையன




படம் 45

டி என் ஏ இரட்டைத் திருகு
பிரதியெடுத்தல்

காக்கும் பிரதியெடுப்பு முறை (semi conservative replication), என வழங்கப்படுகிறது.

டி என் ஏவை உருவாக்க சில குறிப்பிட்ட நொதிகள் தேவைப் படுவதாக கார்ன் பர்க் (Kornberg, 1956) குறிப்பிட்டார். வார்ப்பு இழையுடன் (Template strand) புது நியூக்ளியோடைடு அலகுகள் இணையும் போது டி என் ஏ பாலிமரேஸ் (DNA Polymerase) என்ற நொதி அவைகளனைத்தையும் கோர்வையாக்கி ஒரு தொடர்ச்சியான உருவாக்கப்பட்ட இழையை(Complementary Strand) அமைக்க உதவுகிறது. செல்களுக்கு வெளியே இந்த நொதி டிஎன்ஏ சேர்க்கையில் ஈடுபடுவதை அவர் ஆராய்ச்சி மூலம் விளக் கினர். இந்த நிகழ்ச்சிக்கு நான்கு டி என் ஏ நியூக்ளியோடைடுகள் டி என் ஏ பாலிமரேஸ் சக்திதர, ஓரளவு ஏடிபி, சிறிதளவு டிஎன்ஏ ஆகியவை தேவைப்படுகின்றன. டி என் ஏ சிறிதளவாகினும் இல்லாவிட்டால் சேர்க்கை நடைபெறுவதில்லை. இதிலிருந்து இருக் கின்ற டிஎன்ஏவின் மீதுதான் மேலும் டிஎன்ஏ மூலக்கூறுகள் உருவாக்கப்படுகின்றன என்பது தெளிவாகின்றன.

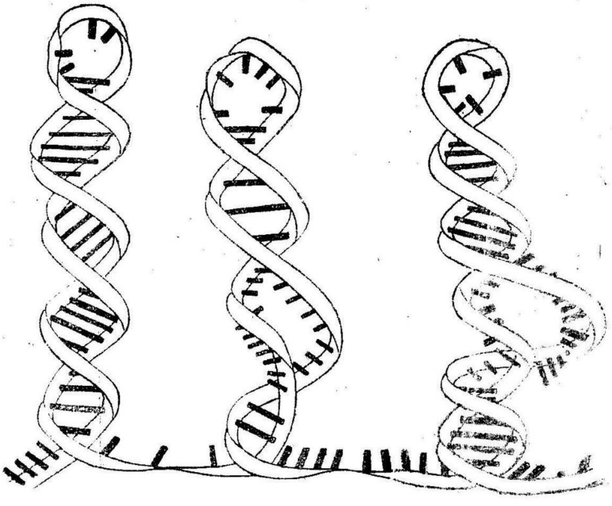
டி என் ஏ சங்கிலியை உருவாக்குகையில் ஒன்றில் சேர்க்கை தொடர்ச்சியாகவும், மற்றொன்றில் எதிர்த்திசையில் தொடர்பற்ற முறையிலும் நடப்பதாக கார்ன்பாக் குறிப்பிட்டார். எனவே தொடர்பற்ற துண்டுகளை ஒருங்கிணைத்து நீண்ட இழையை உண் டாக்க மற்றொரு சாதனம் தேவைப்படுகிறது. சிறு டி என் ஏ இழைகளை ஒன்று சேர்க்கும் நொதி 1967-ல் கண்டு பிடிக்கப் பட்டது. கொரோனாவும் (Khorana) மற்றோரும் கண்டுபிடித்த இந்த நொதி டி என் ஏ இணைக்கும் நொதி அல்லது டிஎன்ஏ லிகேஸ் (DNA Joining enzyme or DNA ligase) என அழைக்கப்படுகிறது. இதனைப் பயன்படுத்தி ஆய்வுக் கூடத்தில் உயிரோட்டமுள்ள டிஎன் ஏவை கார்ன்பர்க் உண்டாக்கினர். டி என் ஏ இணைக்கும் நொதி டி என் ஏவை புதுப்பிக்கும் தொழிலுக்கு மிகவும் இன்றியமை யாதது. பல்வேறு பாக்டீரியாக்களும் சில பாலூட்டிகளின் செல் களும், அல்ட்ரா வயலட் கதிர் வீச்சு (ultra violet radiation) அயானுக்கும் கதிர் வீச்சு (ionizing radiation) போன்றவற்றால் பாதிக்கப்பட்ட டி என் ஏ பகுதிகளை அகற்றிவிட்டு புதிய பகுதிகளை அமைத்துக்கொள்ள இந்த நொதி பெரிதும் பயனளிக்கிறது.

டி என் ஏ பிரதியெடுத்தலின் மற்றொரு சுவையான அம்சம் தாய் மூலக்கூறு சுருளகற்றுவதைப் (Unwinding) பற்றியாகும். மூலக்கூறு முழுமையாக சுருளகற்றிய பின்னர்தான், புதிய பல நியூக்ளியோடைடுகளின் சேர்க்கைத் தொழில் துவங்கும் என்பது

பொருத்தமானதல்ல. எனவே இந்த இரு செயல்களும் ஏறத்தாழ ஒரே நேரத்தில் நடைபெறுவதாக கிரிக் குறிப்பிட்டுள்ளார்.

## ஆர் என் ஏவின் அமைப்பும் சேர்க்கையும்

டி என் ஏவைப் போலவே ஆர் என் ஏவிலும் நீண்ட சங்கிலி போன்ற மூலக்கூறு காணப்படுகிறது. இதிலும் தொடர்ச்சியாக மாறிமாறி அமைந்துள்ள நியூக்ளியோடைடு அலகுகள் பாஸ்ஃபேட் டயஸ்டர் இணைப்புகளால் (Phosphate diaster bonds) இணைக்கப் பட்டு அமைந்துள்ளன. டி என் ஏ, ஆர் என் ஏ ஆகியவற்றைக் கட்டும் அலகுகளுக்கிடையே இரண்டு வேற்றுமைகள் உள்ளன. முதலாவதாக ஆர் என் ஏவின் சர்க்கரைப் பொருளாக டியாக்சிரைபோசுக்குப் பதிலாக ரைபோஸ் (Ribose) இருக்கிறது. இரண்டாவதாக அதன் நான்கு அடிப்படைகளுள் (உப்பு மூலங்களுள்) மூன்றாகிய அடினைன், குவானின், சைடோசின் ஆகியவை இருப்பினும், தைமினுக்குப் பதிலாக யுரேசில் காணப்படுகிறது



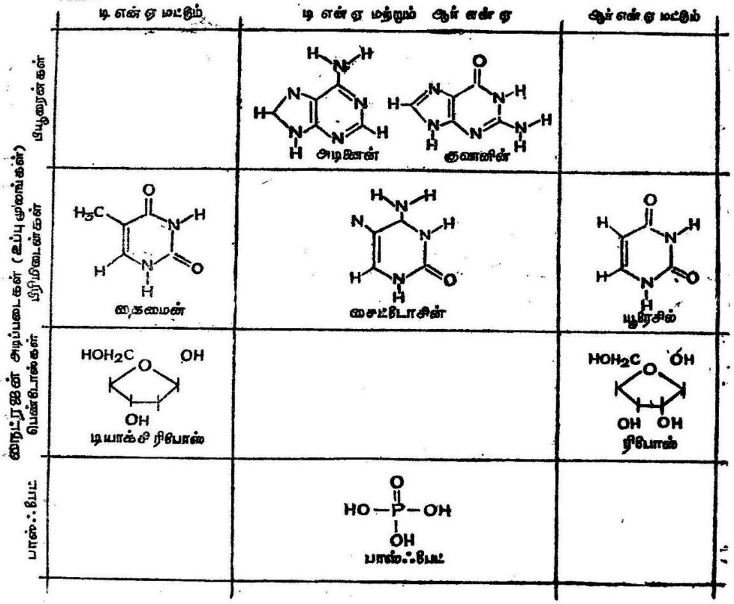
படம் 46

ஒற்றை இழை ஆர் என் ஏ வின் மாதிரி

ஓர் ஒற்றை இழை ஆர்என்ஏவில் உப்பு மூல-இணைகள் அமைந்திருக்கக் காணலாம். சில இடங்களில் இணைத்திருகு அமைக்கப்படவில்லை. அதற்குப் பொருத்தமான உப்பு மூலங்கள் எதிர்ப்புறத்தில் இல்லாததே காரணமாகும்.

ஆர்என்ஏவைப் பற்றி சென்ற இருபது ஆண்டுகளாக நடந்த ஆராய்ச்சிகள். இதிலும் சேர்க்கைத் தொழில் டி என் ஏ பிரதி யெடுத்தலைப் போலவே நடப்பதாகக் காட்டுகின்றன. ஆர் என் ஏ வின் மூலக்கூறு நியூக்ளியோசைடு டிரைபாஸ்பேட் (Nucleoside-triopospshate) அலகுகளால் ஆனவை. ஆர் என் ஏ பாலிமரேஸ் (R. N. A. Polymerase) என்ற நொதி ரிபோ நியூக்ளியோடைடு அலகுகளைக் கோர்வையாக்கத் தேவைப்படுகிறது. இம் முறையில் தான் பல்வேறு உயிரினங்களில் ஆர் என் ஏ சேர்க்கை செய்யப்படு கிறது. இதிலும் வார்ப்புக் கருவியாகச் சிறிதளவு டி என் ஏ இருத்தல் வேண்டும்.

பாக்டீரியாக்களில் சேர்க்கை செய்யப்படும் ஆர் என்ஏவில், சைடோசின், குவானின் ஆகிய உப்பு மூலங்கள் வேறுபட்ட அளவு களில் காணப்படுவதாக பாட்ஸ் மற்றும் ஹால் (Bautz and-Hall, *1962)* தெரிவித்தனர். இதிலிருந்து டி என் ஏவைப் போல் பொருந்தும் வகையில் முழுநீளமும் ஆர்என்ஏ சங்கிலிகள் இணைவ-தில்லை என்பது புலப்படுகிறது. ஆர் என் ஏ ஒற்றை இழை மூலக்




படம் 47

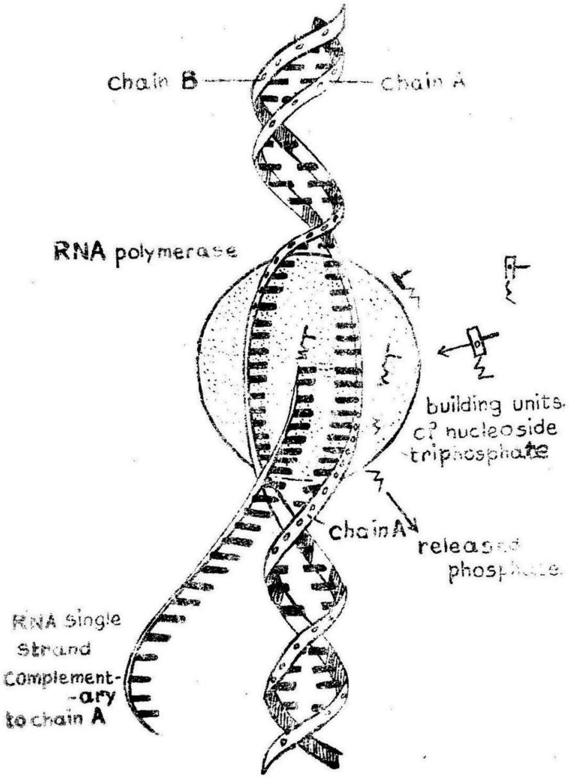
டிஎன்ஏ, ஆர்என்ஏ ஆகியவற்றின் உப்புமூலப் பொருள்கள்

கூறுகவும் இருக்க முடியும் என்பதையும் இது காட்டுகிறது. எனவே டி என் ஏவின் ஒற்றை இழையிலிருந்து ஓர் ஆர் என் ஏ இழையை நகல் எடுக்க முடியும் என்ற கொள்கைக்கு இது ஆதாரமாக விளங்குகிறது. இது பின்னர் பரிசோதனைகளில் நிரூபிக்கப்பட்டது. ஹாலும் ஸ்பீஜல்மன்னும் (Hall and spiegelman) எண்ட-மீபா கோலையின் (Entamoea coli)டிஎன்ஏ இழைகளை 100° சென்டிகிரேட் வரை சூடுபடுத்திய போது ஹைட்ரஜன் இணைப்புகள் உடைபட்டு இழைகள் இரண்டும் பிரிந்தன. இவற்றின் மீது ஆர் என் ஏ இழைகளைச் சேர்த்தபோது டி என் ஏவின் ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தில் இவை நெருக்கமான உறவு கொண்டன. இச் செயலுக்குக் கலப்புயிரி அமைத்தல் (Hybridzation) என்று பெயர் டிஎன்ஏ, ஆர்என்ஏ மூலக் கூறுகளின் அடிப்படை (உப்பு மூல) வரிசையமைப்புகளை அறிவதில் இச் செயல் சிறந்த கருவியாகத் துணைச் செய்கிறது.

ஒரு டிஎன்ஏ வார்ப்பின்மீது ஆர்என்ஏ சேர்க்கை செய்யப்படும்போது, ஆர்என்ஏ மூலக்கூறு விரைவாக அதிலிருந்து விடுபடுகிறது. டிஎன்ஏ சுருளகற்றிய இடத்திலிருந்து இரண்டு இழைகளும் மீண்டும் நெருங்கி வந்து ஹைட்ரஜன் இணைப்புகளை உண்டாக்குகின்றன. இதைப் பின்வருமாறு விளக்கலாம். டிஎன்ஏ இரட்டைத் திருகு, டிஎன்ஏ-ஆர்என்ஏ வேற்றின இணைப்பைவிட நிலையான அமைப்பாகும். எனவே ஆர்என்ஏ இழை விரைவாக, அகற்றப்பட்டுச் சொந்த டிஎன்ஏ இழை அங்கு அமைந்து கொள்கின்றது.

ஒரு டிஎன்ஏ மூலக்கூற்றில், டிஎன்ஏ வார்ப்பை விட மிகச் சிறிய ஆர்என்ஏ மூலக்கூறுகள் பலவற்றை உருவாக்க முடியும் எனவே ஆர்என்ஏ பாலிம்ரேஸ் ஒட்டிக்கொண்டு சேர்க்கையைத் துவங்கக்கூடிய அமைப்புகள் பல டிஎன்ஏ வில் இருத்தல் வேண்டும். பர்ஜர்சும், டிராவர்சும் (Burgers and Travers, 1969), டன்னும் பாட்சும் (Dunn and Bautz, 1969), பாக்டீரியாக்களில் நடத்திய ஆய்வுகள் ஆர்என்ஏ பாலிமரேசில் உள்ள ஒரு பொருள்தான் எந்த இடத்தில் ஆர்என்ஏ சேர்க்கை நடைபெற வேண்டும் என்பதை நிர்ணயிப்பதாக எடுத்துக் காட்டுகின்றன. இப்பொருளுக்கு சிக்மா காரணி (Sigma factor) எனப்பெயரிடப்பட்டுள்ளது.

ஆர்என்ஏ எல்லா உயிரினங்களிலும் டிஎன்ஏ வார்ப்பிலிருந்து உருவாவதில்லை. சில வைரஸ்களில் ஆர்என்ஏ மட்டுமே உள்ளது. டிஎன்ஏ இல்லாமையால், அதன் மூலக்கூறே தனது பிரதியெடுத்தலுக்கான வார்ப்பை உண்டாகிறது.




படம் 46

டிஎன்ஏ வை வார்ப்பாகக் கொண்டு,
ஆர்என்ஏ சேர்க்கை பெறுதல்.

ஏராளமான புரதச்சேர்க்கை நடைபெறும் செல்களில் நிறைய ஆர்என்ஏ காணப்படுகிறது. சைட்டோபிளாசத்தில் புரதச் சேர்க்கை செய்ய மூன்று வகையான ஆர்என்ஏ தேவைப்படுகின்றன. அவை தூதுவர் ஆர்என்ஏ (Messenger RNA) ஏற்று ஆர்என்ஏ (Transfer RNA) ரிபோசோமல் ஆர்என்ஏ (Ribosomal RNA) ஆகியவையாகும். இம்மூன்று வகைகளையும் டிஎன்ஏ வார்ப்பில் உருவாக்க முடியும். தூதுவர் ஆர்என்ஏ செல்லின் பல பாகங்களில் செயலாற்றுகிறது. எனவே அதன் அடிப்படை அமைப்பு வெகுவான மாற்றங்களுடன் காணப்படுகிறது. இது போன்றே ஏற்று ஆர்என்ஏவும் பல வித அமைப்பு மாறுபாடுகளைக்

கொண்டுள்ளன. ரிபோசோமல் ஆர்என்ஏ பாக்டீரியா தாவர செல்கள், விலங்கு செல்கள் போன்ற பலவற்றிலும் ஏறத்தாழ ஒரே அமைப்புடன் விளங்குகின்றன. உட்கருமணிக்கும் ரிபோசோமல் ஆர்என்ஏ வுக்கு மிடையான உறவு குறித்து நீண்ட நாட்களாக ஐயப்பாடு இருந்து வந்தது. இப்போது உட்கரு மணிதான் இதனைச் சேர்க்கை செய்து அனுப்புகிறது என்பதற்கு ஆதாரங்கள் கிடைத்துள்ளன.

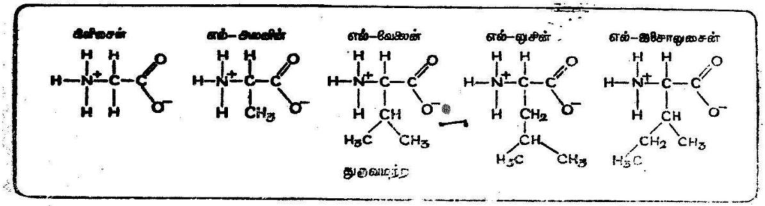
## தொடர்ந்து படிக்க


1. Abolins, L., Experimental cell research 3, 1. 1952.
2. Bernheimer, A.W., In 'Phosphorus metapolism', John Hopkins Univ, Press, Baltimore. 1952.
3. Brachet, J., Chemical embryology, Inter Science, New York, 1950.
4. Brachet, J.. In 'The Nucleic acids', Academic Press, New York 1955.
5. Caspersson, T., Cell growth and cell function, Norton, New York 1950.
6. Davidson, J.N., The biochemistry of nucleic acids, Wiley, New York 1953.
7. Ephrussi—Taylor, In 'The proceedings of the third International Congress of biochemistry', Academic Press, New York 1956.
8. Fruton, J.S. In 'Aspects of synthesis and order in growth', Princeton Univ, Press, 1954.
9. Hershey, A. D., Currents in Biochemica Research Interscience, New York. 1956.
10. Hotchkiss, R.D., In 'The Nucleic acids', Academic Press, New York 1955.
11. Pollister, A.W., In 'Dynamics of Growth processes Princeton Univ, Press, Princeton, New Jersey 1954
12. Spiegelman, S., Halvorson, H.O., and Ben-I shai, R., In 'Amino acid metabolism', John Hopkins Univ, Press, Baltimore 1955.
13. Thorel, B., Studies on the formation of cellular substances during blood cell production, Kimpton, London1947.

# 13. மரபியல் குறியிடலும் புரதச் சேர்க்கையும்

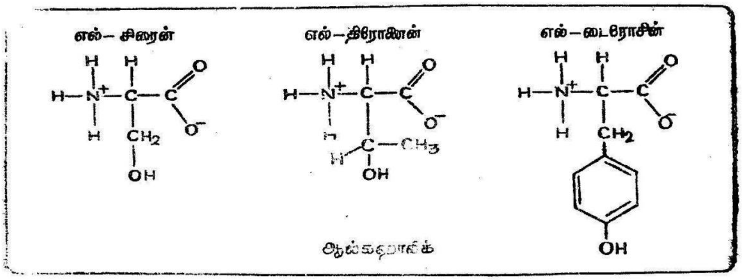
## (Genetic code and protein synthesis)

புரதங்கள் பல்வேறு உயிர் மூலக்கூறுகளில் அமைந்து பல சிறப்புப் பணிகளில் ஈடுபடுகின்ற அங்ககப் பொருட்களாகும். எல்லா வகையான நொதிகளும் புரதத்தால் ஆனவை, அவை செல்சவ்வுகள், சுவர்கள் ஆகியவற்றில் காணப்படுகின்றன; முடி தசைநார்கள், தசை நாண்கள் போன்றவற்றில் புரதம் உள்ளது; இரத்த சிவப்பு அணுக்களில் உள்ள ஹீமோகுளோபினும், இன் சுலின் (Insulin), போன்ற ஹார்மோன்களும் புரதத்தால் ஆனவை. உயிரிகளுக்கு மூல காரணமானவை என்ற கருத்தில் முற்காலத்தில் இதற்கு "புரோட்டீன்" என்ற பெயரை முல்டர் (Mulder, *1933*), சூட்டினர். ஈஸ்ட் செல்களில் இருந்து முதன் முறையாக புச்னர் சகோதரர்கள் (Buchner brothers, 1897), புரதத்தைப் பிரித் தெடுத்தனர். பத்தொன்பதாம் நூற்றண்டில் புரதத்துக்கு அமைப்பு கிடையாது என்று கருதப்பட்டது. ஹெக்கல் (Haeckel, *1868*), இவற்றை உருவற்ற பொருட்கள் என்று குறிப்பிட்டார்.

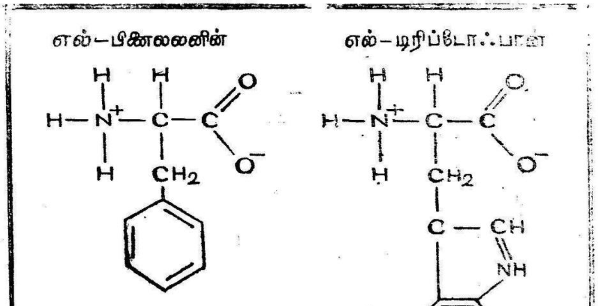


படம் 49

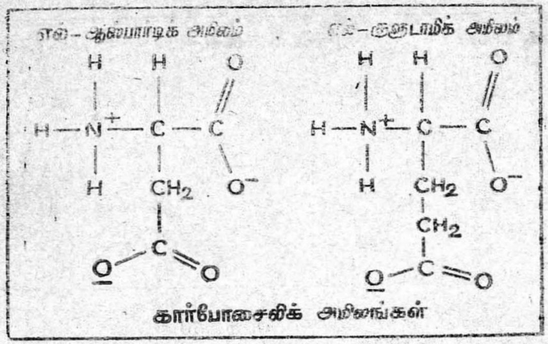
அமினோ அமிலங்கள்




படம் 50
அமினோ அமிலங்கள் (தொடர்ச்சி)

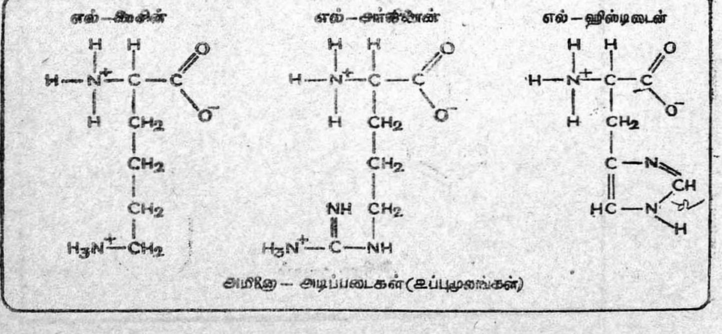



படம் 51
அமினோ அமிலங்கள் (தொடர்ச்சி)



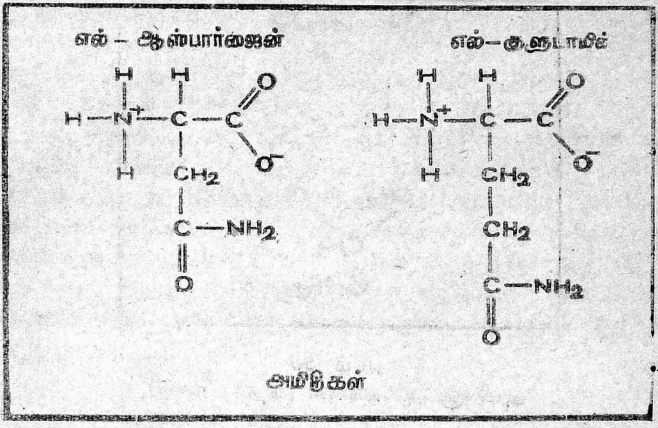

படம் 52

அமினோ அமிலங்கள் (தொடர்ச்சி)



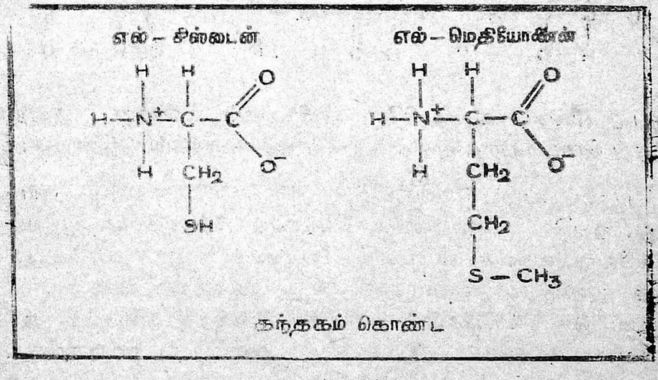

படம் 53

அமினோ அமிலங்கள் (தொடர்ச்சி)



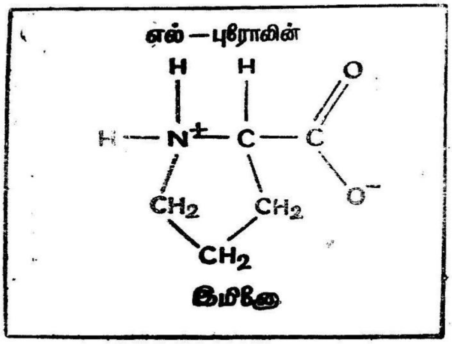

படம் 54

அமினோ அமிலங்கள் (தொடர்ச்சி)



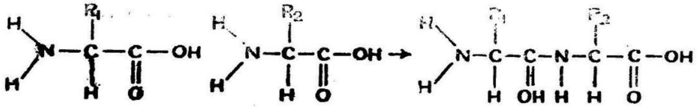

படம் 55

அமினோ அமிலங்கள் (தொடர்ச்சி)




படம் 56
அமினோ அமிலங்கள் (தொடர்ச்சி)

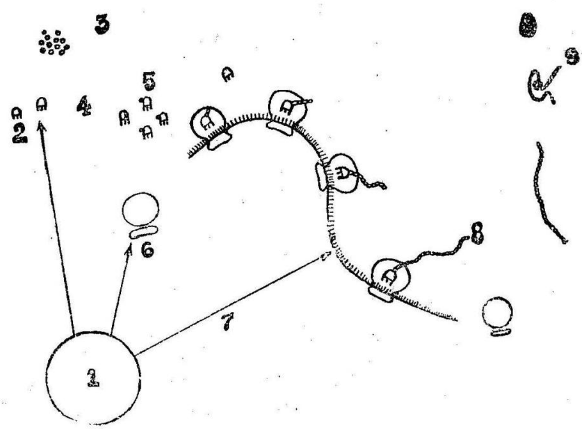
பின்னர் நிகழ்த்தப்பட்ட உயிர் வேதியியல் ஆய்வுகள் புரதங்கள் மிக உயர்ந்த, சிக்கலான அமைப்பு உடையவை என்பதைத் தெளிவாக்கின. அவைகளை உருவாக்கும் அலகுகளுக்கு அமினோ அமிலங்கள் என்று பெயர். அமினோ அமிலங்கள் பெப்டைடு இணைப்புகளால் (Peptide bonds), நீண்ட சங்கிலி போன்ற பாலி பெப்டைடுகள் (Polypeptides), உண்டாக்கப்படுகின்றன. ஓர் அமினோ அமிலத்தின் கார்பாக்சைல் குழு மற்றொரு அமினோ அமிலத்துடன் இணையும்போது ஒரு பெப்டைடு இணைப்பு உண்டாக்கப்பட்டு ஒரு நீர் மூலக்கூறு அகற்றப் படுகிறது.



இருபது வகையான அமினோ அமிலங்கள் உள்ளன. இவற்றில் இருந்து பெரும் புரத மூலக் கூறுகள் உண்டாக்கப்படுகின்றன.

பாலி பெப்டைடு சங்கிலி, தெளிவான தோற்றம் கொண்டிருக்கிறது. ஒவ்வொரு சங்கிலியிலும் காணப்படும் அமினோ அமிலங்கள் வெவ்வேறு, வரிசையமைப்பைக் கொண்டுள்ளன. பல்வேறு புரத மூலக் கூறுகளும் தன்மையில் வேறுபடுவதற்கு அவற்றின் பாலி பெப்டைடு சங்கிலிகள் தனித்தன்மையில் அமைந்திருத்தலே காரணம் எனலாம். இவ்வரிசை அமைப்பு எவ்வாறு பாலி பெப்டைடு சங்கிலி சுருண்டு ஒரு நெருக்கமான புரத மூலக் கூற்றை உண்டாக்கும் என்பதை நிர்ணயிக்கிறது.

புரதங்களை ஆராயப் பல்வேறு முறைகள் கையாளப்படுகின்றன. நுண்மைய விலக்க முறையினால் புரதங்களின் மூலக்கூற்று எடையை அறியலாம். எக்ஸ் கதிர் பரப்புகை, அல்ட்ரா வயலட் உறிஞ்சுகை (Ultra Violet Absorption) முதலியவையாலும் உட்கரு, அமிலங்கள், புரதம் ஆகியவற்றின் அளவைக் காண முடியும். காஸ்பர்சன் (Caspersson, 1930) புரதங்கள் அதிகமாக சேர்க்கை பெறும் செல்களில் மிகுதியான ஆர்என்ஏ இருப்பதைக் கண்டார்; எனவே ஆர்என்ஏ புரதச் சேர்க்கையைக் கட்டுப்படுத்தும் என்று அவர் குறிப்பிட்டார். இவரைத் தொடர்ந்து பிராஷே (Brachet) என்பவரும் இதே போன்ற கருத்தை வெளியிட்டார். இத்துறையில் பெரும்பான்மையான ஆய்வுகள் பாக்டீரியாக்களில் நிகழ்த்தப்பட்டன.




படம் 57

புரதச் சேர்க்கை

அமினோ அமிலங்களிலிருந்து பாலிபெப்டைடு சங்கிலிகளை அமைப்பதில் ஏற்று ஆர்என்ஏ தூதுவர் ஆர்என்ஏ ஆகியவற்றின் பங்கைப் படம் காட்டுகிறது.

நியூகிளியோடைடு உப்புமூலங்களின் வரிசை அமைப்பு புரதங்களின் அமைப்பை நிர்ணயிக்கின்றன. டிஎன்ஏ வில் காணப்படும் நியூகிளியோடைடு வரிசை அமைப்புக்கும், புரதங்களில் காணும் அமினோ அமிலங்களின் வரிசை அமைப்புக்கும் இடையே உள்ள உறவு, மரபியல் குறியீடு எனப்படுகிறது. டிஎன்ஏ மூலக்கூற்றின் வரிசை அமைப்பில் உள்ள சேதி தூதுவர் ஆர்என்ஏ வின் இழை

களில் நகல் எடுக்கப்படுகிறது. தூதுவர் ஆர்என்ஏ சைட்டோ பிளாசத்துக்குச் சென்று, அங்கு சேதியைப் பயன்படுத்தி குறிப்பிட்ட புரத மூலக் கூறுகளை உண்டாக்க வகை செய்கிறது.

புரதச்சேர்க்கைக்கு மற்றும் இரண்டுவகையான ஆர்என்ஏக்கள் அவசியமானவை-ஏற்று ஆர்என்ஏ, ரிபோசோமல் ஆர்என்ஏ வின் தொழில் சைட்டோபிளாசத்திலிருந்து தேவையான அமினோ அமிலங்களைத் தேர்ந்தெடுத்து தேவைக்கு ஏற்றாற்போல் அவற்றை புரதச் சேர்க்கை நடைபெறும் இடத்துக்கு அனுப்புதலாகும். உண்மையில் புரதச் சேர்க்கை நடைபெறும் இடம் ரிபோசோம் களாகும். இங்குதான் ரிபோசோமல் நொதி தன் பங்கை வகிக்கிறது.

புரதச் சேர்க்கையின் முதல் கட்டம் ''படியெடுத்தல்'' (Transcription) எனப்படுகிறது. இச்செய்கையின் போது டிஎன்ஏ வில் காணப்படும் அதே குறியீடு தூதுவர் ஆர்என்ஏ வில் நகல் எடுக்கப்படுகிறது. இரண்டாவது கட்டம் ''மொழி பெயர்த்தல்'' (Translation) என அழைக்கப்படுகிறது. அதாவது தூதுவர் ஆர்என்ஏ வில் காணும் நியூகிளியோடைடு மொழி, புரதங்களின் அமினோ அமில மொழியாக மாற்றி அமைக்கப்படுகிறது. இந் நிகழ்ச்சிகளனைத்தும் மிகவும் சிக்கலானவை. இவற்றில் நிகழும் எதிர் வினைகளுக்கு சக்தியும், குறிப்பிட்ட நொதிகளும் தேவைப் படுகின்றன.

தூதுவர் ஆர்என்ஏ வின் நான்கு அடிப்படைகளான (உப்பு மூலங்களான) அடினைன், சைடோசின், குவானின், யுரேசில் ஆகியவை பொதுவாக A,C,G,U என்ற எழுத்துக்களால் குறிக்கப் படுகின்றன. இவை ஒவ்வொன்றும் இருபது அமினோ அமிலங் களுடன் ஒரு வகையில் குறியிட வேண்டும். ஒரு உப்புமூலம் ஒரு அமினோ அமிலத்தை குறியிடுவதாக இருப்பின் நான்கு வகையான அமிலங்களைக் குறியிட முடியும். இரண்டு உப்பு மூலங்களின் கூட்டு பயன்படுத்தப் பட்டால், $4 \times 4 = 16$ வகையான அமைப்புகளை உண்டாக்க முடியும். மூன்று உப்பு மூலங்களின் கூட்டு ஒரு அமினோ அமிலத்தைக் குறியிடுவதாயின் அவை $4 \times 4 \times 4 = 64$ வேறு வகை களில் அமைய முடியும்.

கிரிக் நடத்திய ஆய்வுகள் குறியீடு மூன்றமைப்பு (Triplet), கொண்டது எனக் காட்டின. குறியீடு டிஎன்ஏ மூலக் கூற்றில் மூன்று அடிப்படைகளின் உப்பு (மூலங்களின்) வரிசையமைப்பின் வாயிலாகச் செயலாக்குவதாயும், இவ்வரிசையமைப்புகள்

ஒன்றின் மீது ஒன்று தொடாமல் அமைந்திருப்பதாகவும் கிரிக் விளக்கினுர். ஒரு குறிப்பிட்ட அமினே அமிலத்தைக் குறியிடுகின்ற உப்புமூலங்களின் மூன்றமைப்புகள் ஒவ்வொன்றும் கோடான் (Codon), என அழைக்கப்பட்டன.

பின்னர் ஒவ்வொரு கோடானும் குறிப்பிட்ட அமினே அமிலத்தின் மீது எவ்வாறு செயலாற்றும் என்ற கேள்வி பிறந்தது. இதற்கு விடை கூறுவதற்காக நிரென்பர்க் (Niren berg, 1961), சில ஆராய்ச்சிகள் நடத்தினுர். முதலில் அவர் யுரேசிலை மட்டும் பயன்படுத்தி, தூதுவர் ஆர் என் ஏவை சேர்க்கை செய்தமைத்தார். பின்னர் இதனை ரிபோசோம்கள், ஏற்று ஆர்என்ஏ, அமினே அமிலங்கள், புரதச்சேர்க்கை காண நொதிகள் ஆகியவை அடங்கிய கலவையில் இட்டார். யுரேசில் பாலிமர் இருப்பின் (Uracil polymer), புரதச்சேர்க்கை நடைபெறுவதையும், அது இல்லாத போது அச்செயல் நடைபெருததையும் அவர் கண்டார். இறுதியாக புரதச்சேர்க்கை ஃபினைலலனின் என்ற அமினே அமிலத்தில் இருந்து மட்டுமே நடைபெறுவதாக அவர் அறிந்தார். இதன் விளைவாக ஏற்படுவது பாலி பினைலலனின் (Poly phenylalanine), பாலி பெப்டைடு ஆகும். இவ்வாறு யுரேசில் பினைலலனின் மீது குறியிடுவதை அவர் விளக்கினுர். மூன்றமைப்புக் குறியீடாகக் கருதும்போது ஃபினைலலனின் கோடான் UUU என ஆகிறது.

இவ்வாறு நான்கு உப்பு மூலங்களிலிருந்தும் செயற்கையான தூதுவர் ஆர்என்ஏக்கள் உண்டாக்கப்படுகின்றன. மேற்கூறிய முறையைக் கையாண்டு எந்த அமினே அமிலம் ஒவ்வொரு மூன்றமைப்பு உப்புமூலங்களுடன் குறியமைக்கின்றன எனக் கண்டார்கள். இத்தகைய ஆராய்ச்சிகள் ஒவ்வொரு அமினே அமிலத்தின் கோடானையும் வெளிப்படுத்த உதவியது. எனினும் இவற்ருல் கோடான்களில் உள்ள உப்பு மூலங்களின் வரிசை அமைப்பை உணர முடியவில்லை.

கோடான்களை விரிவுபடுத்தி அறிய நிரென்பர்க், லீடர் (Niren berg and leader, 1964), ஆகியோரது ஆராய்ச்சி பின்னர் வழிவகுத்தது. அவர்கள் யுரேசில், குவானின் ஆகிய உப்பு மூலங்களை இரு யுரேசில் ஒரு குவானின் என்ற விகிதத்தில் பயன்படுத்தி செயற்கையாக தூதுவர் ஆர்என்ஏ தயாரித்தனர். பின்னர் தூதுவர் ஆர்என்ஏவை மூன்று உப்புமூல அமைப்புகள் கொண்ட துண்டுகளாக உடைத்தனர். இவற்றில் இருந்து மூன்று கூட்டமைப்புகளான GUU, UGU, UUG ஆகியவற்றைப் பிரித்

தெடுத்தனர். பின்னர் கதிர் இயக்கம் கொண்ட அமினோ அமிலங்களைப் பயன் படுத்தி GUU என்னும் கூட்டமைப்பு வேலைன் (Valine), என்ற அமினோ அமிலத்துடன் குறியிடுவதாகக் கண்டனர்.

இவ்வாறு நிரென்பர்க், கொரானா (Khorana), ஆகியோரது முயற்சியின் பயனாக மேலும் பல கோடான்களின் விரிவமைப்பு விளங்கப்பெற்றது. திட்டமான வரியமைப்பு கொண்ட உப்பு மூலங்களுடன் கொரானா செயற்கையாக தூதுவர் ஆர்என்ஏவைத் தயாரித்தார். இவற்றினால் உண்டாக்கப்பட்ட பாலி பெப்டைடுகளை மேலும் கொரானா ஆராய்ந்து குறியீடு நியூகிளியோடைடுகளின் மூன்றமைப்பின் மீது நிறுவப் பட்டிருப்பதாகவும் அவை ஒன்றை ஒன்று தொடுவதில்லை என்றும் வெளியிட்டார்.

## தூதுவர் ஆர் என்ஏவின் பங்கு

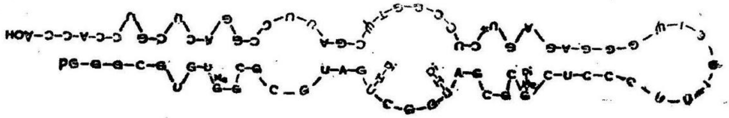
ஜேகப், மானோடு (Jacob and Monod, 1961), ஆகியோர் உட்கருவின் டிஎன்ஏவிலிருந்து சைட்டோபிளாசத்துக்கு மரபியல் குறியீட்டைக் கொண்டு செல்வதற்கு ஒரு தூதுவர் வேண்டும் எனக் குறிப்பிட்டனர். தூதுவர் ஆர்என்ஏ என அழைக்கப்படும். இது டிஎன்ஏவின் குறியீட்டை ஒரு குறிப்பிட்ட புரதமாக மாற்றி அமைப்பதற்கு ஒரு வார்ப்பாகப் பணியாற்றுகிறது. தூதுவர் ஆர்என்ஏ மூலக் கூறுகள் அவை குறியிடும் பாலி பெப்டைடுகளின் நீளத்தைப் பொறுத்து நீளத்தில் மாறுபடுகின்றன. இவைகளின் மூலக்கூறு எடைகளும் மாறுபடுகின்றன. பாலி பெப்டைடு சங்கிலிகளில் நூற்றுக்கு மேற்பட்ட அமினோ அமிலங்கள் உள்ளன. எனவே அவற்றின் நியூகிளியோடைடு அலகுகளும் ஏராளமாக உள்ளன.

ஒரு பாலி பெப்டைடு மூலக் கூற்றை நிர்ணயிக்கின்ற தூதுவர் ஆர்என்ஏவின் பகுதி சிஸ்ட்ரான் (cistron) என அழைக்கப்படும். சிலவற்றில் ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட புரத மூலக் கூறுக்கான சேதி அடங்கி இருக்கும். அவற்றுக்கு பாலி சிஸ்ட்ரானிக் (Poly cistronic) ஆர் என் ஏ என்று பெயர்.

தூதுவர் ஆர் என் ஏ வைப் பற்றி முன்னரே தெரிந்திருந்த போதிலும் நீண்ட நாட்களாக அவற்றைத் தனித்தெடுக்கும் முறை பயன் அளிக்கவில்லை. செல்லில் காணப்படும் ஆர் என் ஏ வில் இது 3-5% அளவே உள்ளது. இதன் வாழும் காலம் வேறு

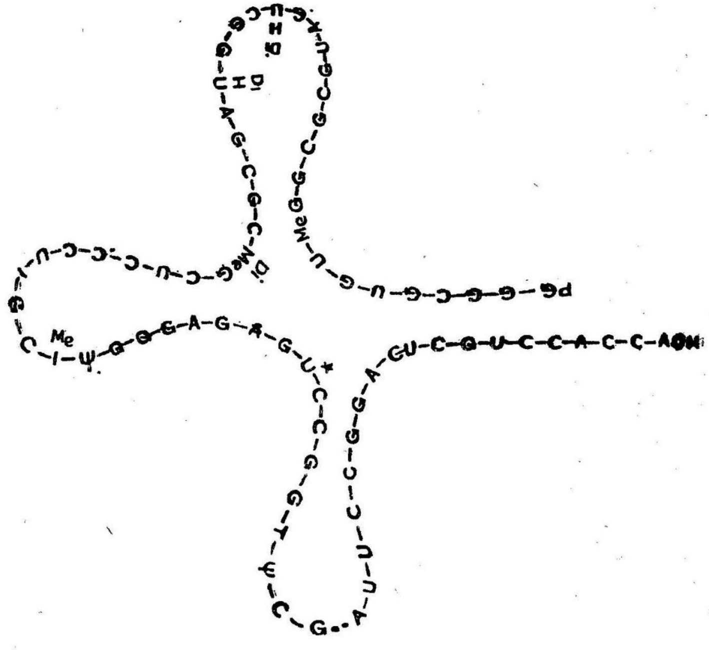
படுகிறது. சில பாக்டீரியாக்களில் 37°C வெப்ப நிலையில் சில நிமிடங்கள் வாழ்ந்த பிறகு நொதிகளால் அழிக்கப்படுகின்றது. மனித இரத்த சிவப்பு அணுக்களில் பல நாட்கள் இது வாழ முடிகிறது.

தூதுவர் ஆர் என் ஏ முதலில் உட்கருவினுள் உள்ளது. பிறகு டி என் ஏ விலிருந்து செய்தியை ஏற்றுக்கொண்டு சைட்டோ பிளாசத்தை அடைகிறது. மக்னீஷியம் கேடயான் ($Mg^{2+}$) தூதுவர் ஆர் என் ஏ, ரிபோ சோம் ஆகியவற்றை இணைக்க உதவுகிறது.



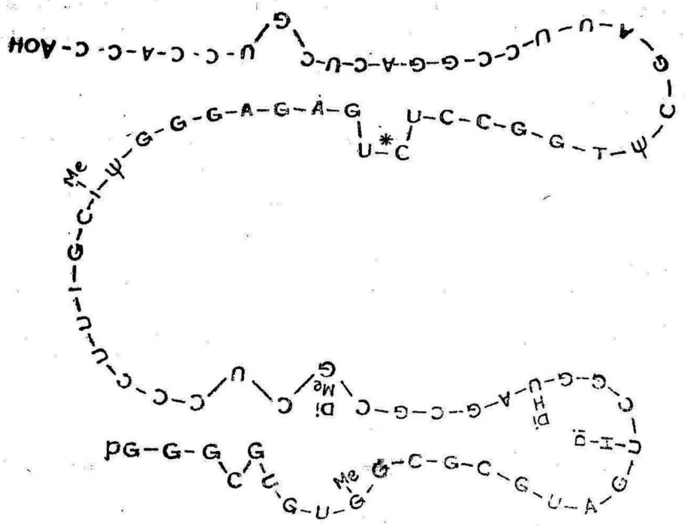
படம் 58

ஏற்று ஆர்என்ஏ வின் நியூக்ளியோடைடு தொடரமைப்பு-1



படம் 59

ஏற்று ஆர்என்ஏ வின் நியூக்ளியோடைடு தொடரமைப்பு-2



படம் 60

ஏற்று ஆர்என்ஏ வின் நியூக்ளியோடைடு தொடரமைப்பு-3

## ஏற்று ஆர் என் ஏ வின் பங்கு

ஏற்று ஆர் என் ஏ இருப்பது கிரிக்கால் முதலில் கூறப்பட்டு பின்னர் ஹோக்லண்டினுல் (Hoagland 1955) நிரூபிக்கப்பட்டது. ஏற்று ஆர் என் ஏவின் பங்கு சைட்டோ பிளாசத்தில் காணப்படுகின்ற அமினோ அமிலங்களைப் புரதச் சேர்க்கை நடைபெறும் இடமான ரிபோசோம்களுக்கு அனுப்பி வைப்பதாகும். இவ்வாறு இது ஒரு குறிப்பிட்ட அமினோ அமிலத்துக்கும் அதனைத் தூதுவர் ஆர் என்ஏ வில் குறியிடுகின்ற மூன்றமைப்பு மூலக்கூறுக்கும் இடையே இடைநிலை மூலக்கூருகப் பணியாற்றும். ஒவ்வொரு அமினோ அமிலத்துக்கும் வெவ்வேருன குறிப்பிட்ட ஏற்று ஆர் என்ஏ அமைந்துள்ளது.

ஒரு குறிப்பிட்ட அமினோ அமிலத்துடன் ஏற்று ஆர் என் ஏ ஒட்டிக்கொள்கின்ற பகுதி அனைத்திலும் ஒன்ருக இருக்கிறது. ஒவ்வொரு அமினோ அமிலத்தையும் அதனுடைய குறிப்பிட்ட ஏற்று ஆர்என்ஏ வுடன் இணைக்க ஒரு நொதி தேவைப்படுகிறது. எனவே ஏற்று ஆர்என்ஏவில் இந்நொதி இணைவதற்கான ஒரு பகுதியும், வரிசையான மூன்று உப்பு மூலங்கள் இணைவதற்கான பகுதியும்

இருத்தல் வேண்டும். அதாவது ஏற்று ஆர்என்ஏ நியூகிளியோடைட் மொழிக்கான ஒரு வார்த்தையையும், அமினோ அமில மொழிக்கான மற்றொரு வார்த்தையையும் கொண்டுள்ளது.

அமினோ அமிலம் ஏற்று ஆர்என்ஏ வுடன் இணைகின்ற செய்கை சிக்கல் நிறைந்ததாகும். இவைகளை இணைக்க ஏடிபி தேவைப்படுகிறது. இதிலிருந்து கிடைக்கும் சக்தி பின்னர் புரத மூலக்கூறுகளின் குறைந்த சக்தி பெப்டைட் இணைப்புகளை உண்டாக்க வழி வகுக்கிறது. எனவே இவைகள் நடத்தும் எதிர்வினைக்கு ஒரு குறிப்பிட்ட அமினோ அமிலம், ஒரு குறிப்பிட்ட நொதி, ஒரு ஏற்று ஆர்என்ஏ ஆகியவை அவசியமாகின்றன. புரதச் சேர்க்கையின் போது அமினோ-அமில ஏற்று ஆர்என்ஏ கூட்டமைப்பு ரிபோசோமுடன் இணைந்து வருகிறது.

## ரிபோசோம் ஆர் என் ஏவின் பங்கு

ரிபோசோம் ஆர்என்ஏ ரிபோசோமின் அமைப்பில் ஒருங்கிணைந்து காணப்படுகிறது. இதனை நீக்கா விட்டால் ரிபோசோம் நசித்து விடுகிறது. இது இரண்டு வெவ்வேறு அளவு கொண்டதாகக் காணப்படுகிறது. இவற்றின் மூலக்கூறு எடை $6\times10^{5}$, $1\times10^{6}$ ஆக இருக்கிறது. புரதச் சேர்க்கையில் ரிபோசோமல் ஆர்என்ஏ வின் பங்கு என்ன வென்று திட்டமாகத் தெரியவில்லை. மூலக்கூறில் உள்ள இணையற்ற அடிப்படைகள் தூதுவர் ஆர்என்ஏ, ஏற்று ஆர்என்ஏ ஆகியவற்றை ரிபோசோமோடு இணைக்கப் பயன்படக்கூடும் மேலும் ரிபோசோம். புரதங்களின் சேர்க்கைக்கு ரிபோசோமல் ஆர்என்ஏ வார்ப்பாகப் பயன்படுத்துகிறது என்பதற்கு ஆதாரங்கள் கிடைத்துள்ளன. ரிபோசோமின் ஒரு பகுதியாக மாறி விட்ட பின்னர் தொடர்ந்து அதனால் வார்ப்பாகச் செயலாற்ற முடிவதில்லை.

ரிபோசோமின் உண்மையான பணி இணைந்துள்ள ஆர்என்ஏ மூலக்கூறுகளைச் சரியாக அமையச் செய்வதாகும். இதனால் தூதுவர் ஆர்என்ஏ வில் உள்ள கோடான்கள், ஏற்று ஆர்என்ஏ வின் பொருத்தமான இடங்களுக்குப் பக்கத்தில் அமினோ அமிலங்களுடன் ஒழுங்காக அமைய முடிகிறது. மேலும் இதனால் தொடர்பான அமினோ அமிலங்களிலிருந்து பாலிபெப்டைட் சங்கிலிகளும் தோன்ற இயலுகின்றது.

ஒரு தூதுவர் ஆர்என்ஏ இழை ஒரு ரிபோசோமின் அலகுடன் மட்டும் இணைந்திருப்பதில்லை. மாறாக இழை போன்ற பல

அலகுகள், தூதுவர் ஆர்என்ஏ வுடன் இணைந்து ஒரு சிக்கலான அமைப்பான பாலி ரிபோசோமை (Poly ribosome) அமைக்கின்றன.

## புரதச் சேர்க்கையைக் கட்டுப் படுத்துதல்

சில செல்களில் புரதங்கள் தொடர்ச்சியாக உண்டாக்கப்பட்டு அனுப்பப்படுகின்றன. வெளிச்சூழ் நிலைகளின் மாறுதல் அவற்றின் அளவைப் பாதிப்பதில்லை. இருப்பினும் பொதுவாக செல்களின் மாறும் தேவைக்கு ஏற்ப நொதிகள், மற்ற புரதங்கள் ஆகியவற்றை உண்டாக்குதல் மாற்றி அமைக்கப் படுகின்றன. சேர்க்கையின் போது உண்டாகி சேமிக்கப்படும் பொருட்களே சில சமயங்களில் சேர்க்கைச் செயலை அடக்கி விடும். எடுத்துக் காட்டாக எண்டமிபா கோலையின் ட்ரைடோஃபான் (Trytophan) ஊடகத்தில் நிரம்ப இருந்தால் அது ட்ரைடோஃபான் சிந்தடேஸ் (Trytophan Synthetase) உண்டாதலை ஒடுக்கி விடுகிறது. இந்த நொதி இல்லாமையால் சேர்க்கைத் தொழில் நடப்பதில்லை.

தேவைக் கேற்பப் புரதங்களை அமைக்கும் ஆற்றல் சில செல்களில் காணப்படுகிறது. இது எவ்வாறு கட்டுப்படுத்தப்படும் என்று ஐயம் எழுகிறது. எண்டாமிபா கோலையின் நொதி சுரத்தலைக் கட்டுப்படுத்தும் ஜீன் இருப்பதாகத் தெரிகிறது. ஜேகப், மானேடு (Jacod and Monod), ஆகியோர் இதனைக்கட்டுப் படுத்தும் ஜீன் (Regulator gene), என அழைத்தனர். இதைத் தவிர சேர்க்கைச் செயலை முடிவுக்குக் கொண்டுவர மற்றொரு ஜீன் உதவும் என அவர்கள் கூறினர். இது நடத்தும் ஜீன் (Operator gene), எனப்படுகிறது. ஓர் அமினோ அமில அமைப்பை நொதியில் குறிப்பிடுவதற்கு ஓர் ஜீன் காரணமாகிறது. இது அமைப்பு ஜீன் (Structural gene), எனப்படும். அமைப்பு ஜீன், நடத்தும் ஜீன் ஆகியவை அருகருகே அமைந்து ஓபரான் (Operon), என்ற குழுவை அமைக்கின்றன.

ஜேகப்-மானுடு புரதச்சேர்க்கைக் கட்டுப்பாட்டுக் கொள்கை, ஒழுங்கு படுத்தும் நிகழ்ச்சி, ''படியெடுத்தல்'' நிலையின் போது நடப்பதாகக் காட்டுகிறது. மேலும் புரதச் சேர்க்கை நடைபெறுவதன் வேகம், அதன் தூதுவர் ஆர்என்ஏ அமைப்பதைப் பொறுத்திருக்கிறது என்றும், இக் கொள்கை கூறுகிறது. இக் கொள்கை பாக்டீரியாக்களின் புரதச்சேர்க்கையை அடிப்படையாகக்கொண்டு எழுந்தது. ஆனால் தாவர விலங்கு செல்களில் மேலும் சிக்கலான சாதனங்கள் இதற்காக அமைந்து உள்ளன.

இவைகளின் புரதச்சேர்க்கைக் கட்டுப்பாட்டில் ஹிஸ்டோன்களும் ஹார்மோன்களும் சிறப்பிடம் வகிப்பதாகத் தெரிகிறது.

## தொடர்ந்து படிக்க


1. Erwin Chargaff and Davidson, The Nucleic acids, Academic Press, New York 1960.

2. Seymour Benzer, The fine structure of the gene, Scientific American, Vol 206, Jan 1962.

3. Crick, F.H.C., General nature of the Genetic code for Proteins, in Nature Vol 192 Feb 1962.

4. Jerard Hurwitz and Furth, In Scientific American, Vol 206, Feb 1962.

5. Ashikawa, J.K., In 'Microsomal particles and Protein synthesis', Pergamon, New York 1958.

6. Bonner, J., In 'Protein Biosynthesis', Academic Press, New York 1961.

7. De Duve, C., In 'Sub cellular particles', American Physiological Society, Washington, D.C., 1959.

8. Wolstenholme, G.E., and O,Connor, M., Principles of biomolecular organization', Little Brown and Co., Boston 1966.

9. Warren, K.B., Formation and fate of cell organelles, Academic Press, New York 1967.

10. Wilkins, M.H.F., Molecular Configuration of Nucleic acids, Science: 140, 1963.

11. Kendrew. J.C., The three dimensional structure of a Protein, Scientific American, Dec. 1961.

12. Perutz, M.F., Proteins and nucleic acids, Elsevier, New York 1962.

# 14 எதிர்முகப் பகுப்பு (மைட்டோசிஸ்)

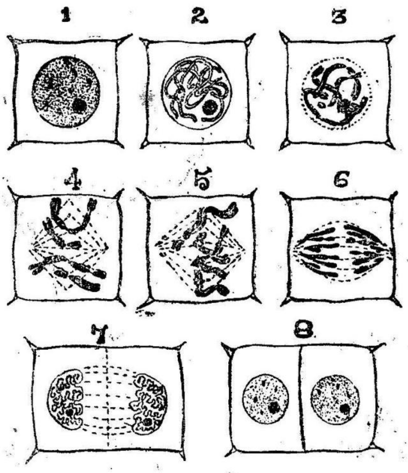
**(Mitosis)**

செல்கள் வளரும் திறன் கொண்டவை. ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு வளர்ந்த பின்னர், அவை பகுக்கப் பெற்று சேய்ச் செல்களை அமைக்கின்றன. இச்செயல் உயிரிகளின் வளர்ச்சிக்குப் பெரிதும் உதவுகின்றது. ஒரு பகுப்பு முடிந்து அடுத்த பகுப்பு முடியும் வரையான இடைக்காலம், செல் சுழற்சி (Cell cycle), என அழைக்கப்படுகிறது.

செல் பகுப்பு நிகழ்வதை முதன் முறையாகக் கண்டவர், ஃபிளெமிங் (Flemming, 1882), என்பவராவார். இந்நிகழ்ச்சி களின்போது, சில நூல்போன்ற அமைப்புகள் இருப்பதை வால்டுமேயர் (Waldmeyer, 1882), கண்டார். இவை நிறம் பெறக்கூடியவையாக இருப்பதால், நிறத்துகள் எனப் பொருள்பட அவற்றை குரோமோசோம்கள் என்று அவர் அழைத்தார். அதைத் தொடர்ந்து, தாவர நூல் வல்லுநர்கள் இச் செயலை நன்கு ஆராய்ந்தனர். தாவர செல்களின் குரோமோசோம்கள் மிகத்தெளிவாகத் தென்பட்டதே இதற்குக் காரணமெனலாம். ஆனால் செல்பகுப்பு, குரோமோசோம்களை மட்டும் பொருத்த தல்ல; முழு செல்லும் இதில் ஈடுபடுகிறது. எனவே இடைவெளி யிட்ட புகைப் படமெடுக்கும் முறை (Time lapse photography), மேலும் பயனுள்ளதாக இருந்தது. தெளிவான முறையில் செல் பகுப்பு நிகழ்ச்சிகளை முதலில் தொகுத்துக் கூறியவர் பேலார் (Belar, 1920), ஆவார். செல் பகுப்பின்போது நடைபெறும் பல உட்கரு சைட்டோப்பிளாச நிகழ்ச்சிகளை ஊன்றி அறிந்த பின்னரும் பல குழப்பங்கள் இன்னும் நிலவுகின்றன.

## எதிர்முகப் பகுப்பின் பருவங்கள்
## (Stages of mitosis)

செல் சுழற்சியின் முதலாவது நிலை பகுப்பு இடை நிலைப்பருவமாகும் (Interphase). அதைத்தொடர்ந்து, முதல்நிலை (Prophase), இடைநிலை (Metaphase), முன்கடை நிலை (Anaphase), கடைநிலை (Telophase), ஆகிய பருவங்கள் காணப்படுகின்றன. குரோமோசோம்கள் வெவ்வேறு உயிரினங்களில் நீளம், அளவு, எண்ணிக்கை, பிற தன்மைகள் ஆகியனவற்றில் வேறுபடுகின்றன. எதிர் முகப் பகுப்பின் போது தாவர செல்களும், விலங்கு செல்களும் ஒரே மாதிரியாகக் காணப்படுகின்றன.




படம் 61

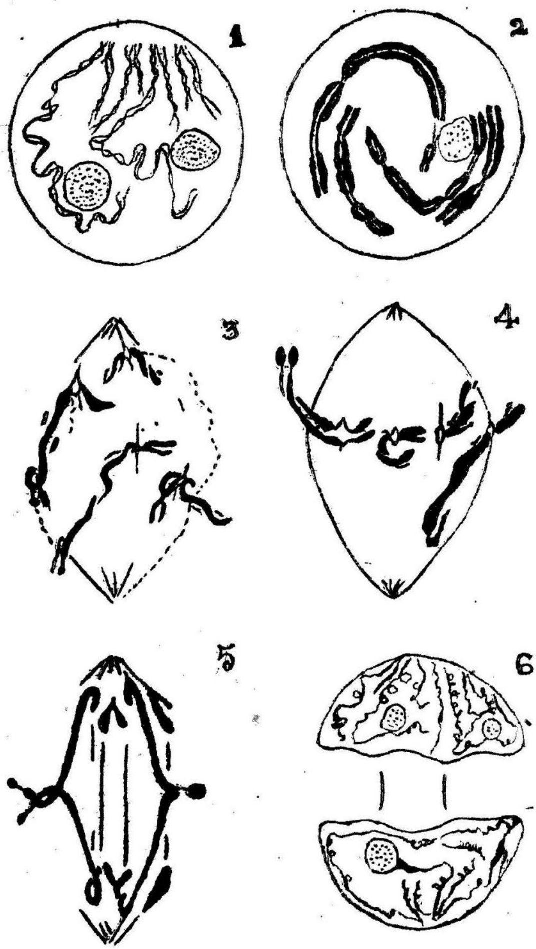
தாவர செல்லில் எதிர்முகப் பகுப்பின் பல நிலைகள்

1. பகுப்பு இடைப்பருவம்; 2. துவக்க முதல்நிலை; 3. பிற்பகுதி முதல்நிலை; 4. இடைநிலை; 5. துவக்க முன்கடைநிலை; 6. முன் கடைநிலை; 7. கடைநிலை; 8. பகுப்பு இடைப்பருவம்.

## பகுப்பு இடைநிலை
## (Interphase)

இப் பருவத்தின்போது, உட்கரு மிகக் குறைந்த அளவே அமைப்பைப் பெற்றுள்ளது. மிகத் தெளிவாகத் தெரியக்

கூடியவை உட்கருமணி, மாறுபட்ட குரோமாடின் (Hetero-chromatin), ஆகியவை மட்டுமே தெரிகின்றன. உட்கருமணி ஆர்என்ஏ, புரதம் ஆகியவற்றைக் கொண்டிருப்பதால் மெதைல் பச்சை (methyl green), பைரானின் (pyronin), ஆகியவற்றைக்




படம் 62

விலங்கு செல்லில் எதிர்முகப் பகுப்பு

1. துவக்க முதல்நிலை; 2. பிற்பட்ட முதல் நிலை; 3. துவக்க இடைநிலை; 4. இடைநிலை; 5. முன்கடைநிலை; 6. கடைநிலை.

கலந்து நிறமிடும் போது சிவப்பாக மாறுகிறது. மாறுபட்ட குரோமாடின், டிஎன்ஏவைக் கொண்டிருப்பதால், ஃபால்ஜன் சாயத்தினுல் (Faulgen stain), நிறமிட முடியும்.

மாறுபட்ட குரோமாடினின் திட்டமான வேலை என்னவென்று தெரியவில்லை. இதனை இடைநிலைப்பருவத்தில் நெருக்கமாக அமைந்து, பிற பகுதிகளைப் போல் நீரால் பருமனடையாத குரோமோசோம் பகுதி எனக் கருதலாம். உட்கருமணி, புரதச் சேர்க்கையில் ஈடுபடுகின்ற முக்கியமான பகுதியாகும். உட்கரு, முதல் நிலை துவங்கும் வரை புதிய மாறுதல்கள் எதையும் காட்டுவதில்லை. எனினும் குரோமோசோம்கள் மெல்லிய இழை போன்று தோன்ற ஆரம்பிக்கின்றன. பின்னர் இடைநிலைப் பருவத்தின் இறுதியில் இவை மேலும் தெளிவாகத் தெரிகின்றன. இப் பருவத்தில் மாறுபட்ட குரோமாடினும், உட்கருமணியும் இன்னும் காணப்படுகின்றன.

## ஆரம்ப முதல்நிலை
## (Early prophase)

முதல் நிலையின் போது உட்கரு, சைட்டோப்பிளாசம் இரண்டிலும் மிகப் பெரும் மாறுதல்கள் ஏற்படுகின்றன. குரோமோசோம்கள் சுருக்கமடைய ஆரம்பிக்கின்றன. இச் செயல் எதிர்முகப்பகுப்பு முழுவதும் தொடர்ந்து நடைபெறுகிறது. நீரை இழப்பதாலும், தொடர்ச்சியான சுருள்களை ஏற்படுத்துவதாலும் சுருங்கும் செயல் ஏற்படுகிறது. அதே நேரத்தில் குரோமோசோம் இழைகள் மீது ஆர் என் ஏ படிய ஆரம்பிக்கிறது. சுருள்கள் உண்டாகும் முறை குறித்து, டார்லிங்டன் (Darlington), விளக்கம் தந்துள்ளார். இரண்டுவகையான சுருள்கள் உண்டாகின்றன. நீண்ட குரோமோசோம் இழைகள் சுருண்டு உண்டாவதால், முதல்நிலைச் சுருள்கள் (Primary coils), உண்டாகின்றன. முதல்நிலை ச்சுருள்கள் தங்களுக்குள் சுருளுவதால், இரண்டாம் நிலைச் சுருள்கள் (Secondary coils), ஏற்படுகின்றன. பின்னர் பிரிவடைவதற்கு வசதியாக, இவ்விழை ஒவ்வொன்றும் இரட்டை அமைப்பைக் கொண்டிருப்பதால், ஒன்றின் மீது ஒன்று சிக்கிக் கொள்வதில்லை. சுருள்களை அமைக்கும் ஒவ்வொரு இழையும் குரோமாடிட் (Chromatid), என்று அழைக்கப் படுகின்றன.

குரோமோசோம்கள் தொடர்ந்து சுருக்கமடைவதால், மாறுபட்ட குரோமாடின்களுக்கும் இவற்றுக்குமுள்ள வேற்றுமை நன்கு தெரிவதில்லை. உட்கருமணி அளவில் சுருங்கி முழுமையாக

மறைந்து விடுகிறது. இதிலிருந்து வெளிப்படும் ஆர் என் ஏ, குரோமோ சோம்களின் பரப்பில் படிந்துவிடக்கூடும்.

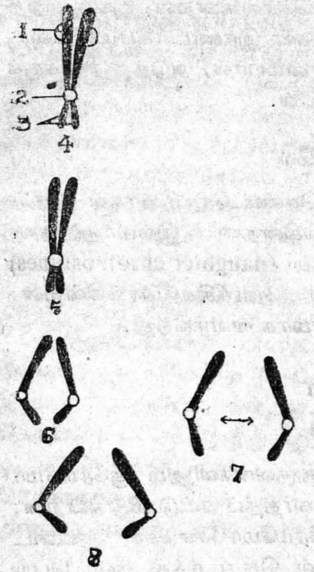
உட்கருவில் இத்தகைய மாறுதல்கள் நடைபெறும்போது சைட்டோபிளாசத்திலும் மாற்றம் ஏற்படத் துவங்குகிறது. உட்கருச் சவ்வின் மிக அருகில் மையத்துகள்கள் அமைந்திருக்கின்றன. இவை குழிவான உருளைகளைப் போல், ஒன்றுக்கொன்று கிடையாக அமைந்து காணப்படுகின்றன. குறுக்குவெட்டுத் தோற்றத்தில் மூன்று குச்சிகள் போன்ற அமைப்புகள் தென்படுகின்றன. இவை போன்று ஒன்பது கற்றைகள் இவற்றில் உள்ளன. எதிர் முகப் பகுப்பில் முக்கிய பங்கு வகிக்கும் கதிர் அமைப்பு (spindle-figure) மையத்துகளைச் சூழ்ந்துகொண்டு நட்சத்திர அமைப்பை (astral body) உண்டாக்குகின்றன. விலங்கு செல்களைப் போன்று, தாவர செல்களில் மையத்துகள்கள் இருப்பதில்லை. மேலும் தாவர செல்களில் கதிர் அமைப்பு உட்கருச்சவ்வு மறையும்வரை தெளிவாகத் தெரிவதில்லை.

## பிற்பட்ட முதல்நிலை
## (Late Prophase)

இப்பருவத்தின்போது கதிர் அமைப்பு தோன்றுகிறது; நட்சத்திர அமைப்புகள் விலகி நகர ஆரம்பிக்கின்றன. நட்சத்திர அமைப்புகளுக்கிடையே மேலும் நார்கள் தோன்றுகின்றன. உட்கருச்சவ்வு மறைந்து விடுகிறது. இதன் விளைவாக உட்கருத் திரவமும், சைட்டோப்பிளாசமும் கலந்துவிடுகின்றன. இச்செயல் கதிர் அமைப்பின் நார்கள் உண்டாவதற்கும் பெரிதும் உதவுகின்றது. கதிர் அமைப்பின் தன்மைகள், எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் ஆராயப்பட்டுள்ளன. இந்நார்களனைத்தும், நுண் குழாய்கள் ஒன்று திரள்வதால் உண்டாகின்றன எனத் தெரிகிறது. நுண் குழாய்களை. சமீபத்தில் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ள குளுட்ரால்டிஹைட் (Glutaraldehyde) என்ற நிலை நிறுத்தியைப் பயன்படுத்தி, தெளிவாகக் காண முடிகிறது. இக் குழாய்கள் நெருக்கமான கற்றைகளாக அமைக்கப்பட்டுள்ளன. குழாய்களின் விட்டம் 200-270 Å அளவும், குழாய்ச் சுவரின் பருமன் 50-70 Å அளவும் உள்ளன. மையத்துகளிலிருந்து ஆர நார்கள் (radiating fibers) தோன்றி, மற்ற நார்களுடன் தொடர்பு கொள்கின்றன. நுண் குழாய்களுடன் மேலும் மெல்லியவையான 40 Å குறுக்களவுள்ள நார்களும் இருப்பதாகத் தெரிகிறது.

## இடை நிலை

## (Metaphase)



படம் 63

இடைநிலையின் போது தனி குரோமோசோம்கள் பெறும் மாற்றங்கள்,

4-8 நிலைகள் குரோமோசோம்கள். சேய்க்குரோமோசோம்களை உண்டாக்குவதைக் காட்டுகின்றன.

1. உட்கருமணி தோற்றுவிக்கும் பகுதி 2. செண்ட்ரோமியர் 3. குரோமாடிட்கள்.

இந்நிலையின் போது கதிர் அமைப்பும், குரோமோசோம்களும் எதிர்வினையில் ஈடுபட்டு இடைநிலைத் தகட்டை (Metaphase plate) உண்டாக்குகின்றன. ஒவ்வொரு குரோமோசோமிலும் செண்ட்ரோமியர் அல்லது கைனடோ கோர் (Cantromere or Kineto chore) என்ற பகுதி காணப்படுகிறது, இது முன்கடை நிலையில் குரோமோசோம்கள் நகர்வதற்கு முக்கிய சாதனமாக அமைகிறது. நிலைநிறுத்திய செல்களில் குரோமோசோம்களின் சுருள்களைக் கொண்ட ஒடுங்கிய பகுதியாக இது தோற்றமளிக்கிறது. கதிர் அமைப்பின் நார்கள், செண்ட்ரோமியர் பகுதியில் தான் ஒட்டிக் கொள்கின்றன துருவங்களை நோக்கி குரோமோசோம்கள் நகரும் போது அவற்றை இழுத்துச் செல்ல செண்ட்ரோமியர்கள் உதவுகின்றன. செண்ட்ரோமியர் குரோமோசோமின் நடுவில் அமையும் போது அக் குரோமோசோம் மெடா செண்ட்ரிக் (Metacentric) எனப்படுகிறது: அது நுனியில் காணும்போது டீலோசெண்ட்ரிக் (Telocentric) எனப்படுகிறது.

இடை நிலையின்போது, குரோமோசோம் தன் இயல்பான நிலையில் காணப்படுகிறது. அதனுடைய செண்ட்ரோமியரும் ஒற்றையாகவே இருக்கிறது. பின்னர் அது இரண்டாகப் பிளவுபடுகிறது. இவ்வாறு பிரியும் செண்ட்ரோ மியர்களுக்கிடையில், ஏதோ ஒரு விலகச் செய்யும் சக்தி செயலாற்றுகிறது. இந்நிலையின் போது குரோமோசோம்கள் கதிர் அமைப்பின் நடுவில், அதன் அச்சுக்குக் கிடையாக அமைக்கப் பட்டுள்ளன. உண்மையில் செண்ட்ரோமியர்கள்தாம் இவ்வாறு அமைவதற்குக் காரணமாகின்றன. உயிருள்ள செல்களில், இந்நிலையில் குரோமோசோம்கள் ஆடி அசைவதைக் காணலாம்.

கால்சிசைன் (Colchicine) என்ற உப்புமூலப் பொருள், குரோமோசோம்களைப் பற்றி அறிவதற்குப் பெரிதும் பயன்படுகின்றது. இப்பொருள் கதிர் அமைப்பின் நார்கள் உண்டாவதைத் தடுத்து விடுகிறது. இப்பொருள் இடப்பட்ட செல்கள், இடைநிலையுடன் தங்கள் பகுப்பை நிறுத்திக் கொள்கின்றன. இங்கு மற்றவற்றைப் போலவே செண்ட்ரோமியர்கள் இரண்டாகப் பிரிவடைகின்றன. ஆனால் கதிர் நார்கள் இல்லாமையால், அடுத்த நிலைக்குக் குரோமோசோம்கள் செல்ல முடிவதில்லை.

## முன் கடைநிலை

இந்நிலையின் போது, பிளந்த செண்ட்ரோமியர்கள் கதிர் அமைப்பின் மூலமாக நகர்ந்து செல்கின்றன. இவ்வாறு நகர்கையில், சேய்க் குரோமோசோம்களும் (daughter chromosomes) அவற்றுடன் வெவ்வேறு துருவங்களை நோக்கிச் செல்கின்றன. அதே நேரத்தில், கதிர் அமைப்பும் நீளமாக வளர்கிறது.

## கடை நிலை
## (Telophase)

கடைநிலை துவங்கும்போது, இரு துருவங்களிலும் குரோமோசோம்கள் மிகவும் சுருங்கிய நிலையில் நகர்த்தப் பட்டு விடுகின்றன; எதிர் முகப் பகுப்பு முழுவதும், குரோமோசோம்கள் குட்டையாகவும் தடிப்பாகவும் மாறும் செயல் தொடர்ந்து நடைபெறுகிறது. அதே நேரத்தில், விலங்கு செல்களின் பரப்பில் பகுப்புக்கான ஒடுக்கங்கள் தோன்ற ஆரம்பிக்கின்றன. துவக்கத்தில் இது செல் சவ்வு சுருக்க மடைவதைப் போல் தோன்றுகிறது. விரைவில் சவ்வுப் பொருள் சைட்டோப்பிளாசத்தில் பாய்வதன் காரணமாக செல் பகுக்கிறது. இரு சேய் உட்கருக்களும் நன்கு அமைக்கப் படுகின்றன. குரோமோசோம்கள், உட்கருவினுள்ளே பரவுதலாக அமைகின்றன. உட்கருமணி மீண்டும் தோன்றுகிறது. இவ்வாறு முழுமையான இரு சேய்ச் செல்கள் உருவாக்கப்படுகின்றன. சைட்டோபிளாசம் பகுக்கப்பட்டு சேய் செல்களாகப் பிரிக்கப்படும் நிகழ்ச்சி சைட்டோகைனசிஸ் (Cytokinesis) எனப்படும்.

## எதிர்முகப் பகுப்புக் கொள்கைகள்
## (Theories of Mitosis)

ஒரு குறிப்பிட்ட செல்லில் எதிர் முகப்பகுப்பு நிகழ்வது குறித்து, திட்டமான கொள்கையினைக் கூற இயலும். ஆனால்

எல்லாச் செல்களுக்கும் பொருந்தும் வகையில், பொதுவான விளக்கம் தருவது இயலாத ஒன்றாகும். இந்நிகழ்ச்சியின் போது குரோமோசோம்கள் நகரும் முறையினை ஆராய்ந்த வான் பெனடின் (Van Benedin, 1883), இவை கதிர் நார்களால் இழுக்கப்படுவதாகத் தெரிவித்தார். ஷ்மித் (schmidt, 1939) என்பவர், கதிரின் இரட்டை விலக்கம் (Birefringence) முதல் கடைநிலையின்போது வெகுவாகக் குறைந்துவிடுவதாகக் குறிப்பிட்டார். இதே போன்ற நிகழ்ச்சி, தசைகள் சுருங்குகையில் தசைநார்களால் ஏற்படுகிறது. ஸ்வான் (swann, 1952) இரட்டை விலக்கம் முதலில் செண்ட்ரோமியரில் துவங்குவதைக் கண்டார். நார்கள் குட்டையாக மாறுவதற்கு செண்ட்ரோமியர் ஏதோ ஒரு பொருளைச் சுரப்பதே காரணம் என அவர் கருதினார்.

## குரோமோசோம்கள் இழுக்கப்படும் கொள்கை

பாலூட்டிகளில் செல்களில் முழுசெல்லும் பகுப்பின்போது நீளமாகிறது. மேலும் சேய்ச்செல்கள் ஒன்றிலிருந்து மற்றொன்று இழுபட்டுத் துண்டாகின்றன. இது சைட்டோப்பிளாசம் ஒடுங்கும் கொள்கைக்கு மாறானது. இழுக்கின்ற செய்கைக்கு ஒரு நிலையான ஒட்டிக்கொள்ளும் இடம் தேவைப்படுகிறது. எனவே சுருங்கும் செய்கைக்குத் தேவையான ஒட்டிக்கொள்ளுமிடமாக உறுதித் தன்மை வாய்ந்த கதிர் நார்களே அமையக் கூடும்.

## குரோமோசோம்கள் உந்தப்படும் கொள்கை

குரோமோசோம்களின் அசைவை விளக்குவதற்கு வடாசே (Watase, 1891) என்பவர், ஒரு கொள்கையினை உருவாக்கித்தந்தார். குரோமோசோம்கள் விரிவடைந்து செல்கின்றன அல்லது உந்தித் தள்ளப்படுகின்றன என்பது இதன் மையக்கருத்தாகும். துருவங்களிலிருந்து உண்டாகும் நார்கள், உட்கருவின் மீது அழுத்தத்தைச் செலுத்துகின்றன. இதன் விளைவாக குரோமோசோம்கள் இடைநிலைத் தகட்டின் மீது தங்களை அமைத்துக் கொள்கின்றன. பின்னர் சில குறிப்பிட்ட நார்கள், குரோமோசோம்களுடன் ஒட்டிக்கொள்கின்றன. இவை உந்தித்தள்ளும் போது சேய்க்குரோமோசோம்கள் வெவ்வெறு துருவங்களை நோக்கி நகர்கின்றன.

## பேலாரின் எதிர்முகப் பகுப்புக் கொள்கை

பேலார் (Belar) வகுத்துத்தந்த சில கருத்துக்கள், பல்வேறு ஆராய்ச்சிகளுக்கு அடிப்படையாக அமைந்தன. அவருடைய

கொள்கைகளில் பெரும்பாலானவை, சில மாறுதல்களுடன் இக்காலத்தில் ஒப்புக்கொள்ளப்படுகின்றன, அவற்றினுள் முக்கிய மானவை கீழே தொகுத்துத் தரப்படுகின்றன:

(அ) கதிர் அமைப்பின் அடிப்படைச் சட்டக அமைப்பு களாகச் சில தொடர்ச்சியான நார்கள் அமைகின்றன. இவை ஒரு துருவத்திலிருந்து மற்றொன்றுக்கு நேராகச் செல்கின்றன.

(ஆ) ஒவ்வொரு குரோமோசோமும், செண்ட்ரோமியரி லிருந்து உண்டாக்கப்படும் ஒரு திரவத்தினால், ஒரு தொடர்ச்சி யான நாருடன் ஒட்டிக் கொள்கிறது. இத்திரவம் தொடர்ச்சி யான நாரின் மீது பரவி பாய்ந்து செல்வதால், அது அருகி லிருக்கும் துருவத்தை நோக்கி நகர்கிறது. திரவத்தால் சூழப் பட்ட நார், இழுக்கும் நார் (Tractile fiber) என அழைக்கப் படுகிறது.

(இ) துவக்கத்தில் குரோமோசோம்கள் பிரிவடைதல் தன்னிச்சையாக நடைபெறும் ஒரு செயலாகும்,

(ஈ) பிரிவடைகின்ற சேய்க் குரோமோசோம் களுக் கிடையே காணப்படும் தொடர்ச்சியான நாரின் பகுதி, அங்குள்ள நாரில்லாத பகுதி ஆகியவை விரிவடையத் துவங்குகின்றன. இப் பகுதி உந்தும் அமைப்பாகச் (Pushing body or stemmkorper), செயல்படுகிறது.

## நார்களின் வகைகளும், வேலைகளும்

பேலாரின் சில அடிப்படைக் கருத்துக்கள், சமீபத்திய ஆராய்ச்சிகளுடன் வெகுவாகப் பொருந்துகின்றன. தாவரங்களின் விதைகளில் காணும் விதை சூழ்த்தசைகளில், ஏராளமான ஆய்வுகள் நிகழ்ந்துள்ளன. இப்பகுதிகளில் தனித்துள்ள உட் கருக்கள் சைட்டோப்பிளாசத்தில் அமைந்து காணப்படுகின்றன. அவைகளுள் முதல் நிலை உட்கருக்களைத் தகுந்த சூழ்நிலைகளில் வளர்த்து, இடைவெளியிட்ட புகைப்படங்கள் எடுக்கமுடியும். இத்தகைய ஆய்வுகளும், எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் நிகழ்த்திய மற்ற ஆய்வுகளும் கதிர் நார்களில் இருவகையான நுண்குழாய் திரட்சிகள் இருப்பதைக் காட்டுகின்றன. இவை செண்ட்ரோமியரில் ஒட்டிக்கொண்டுள்ள நார்களும், தொடர்ச்சி யான நார்களுமாகும். தொடர்ச்சியான நார்கள் கூட்ட மாய் அமைந்து ஒளி நுண்ணோக்கியில் காணக்கூடிய வகையில் அமைந்துள்ளன. இவற்றைத் தவிர சில சமயங்களில்

செண்ட்ரோமியரல்லாத மற்ற குரோமோசோம் பகுதிகளில் ஒட்டிக் கொண்டுள்ள நார்களும் காணப்படுகின்றன. இவை மையம் விலகியநார்கள் (Neo centric fibers), என வழங்கப் படுகின்றன.

எதிர் முகப்பகுப்பு நிகழ்கையில், நுண்குழாய்த் திரட்சிகள் மாறுபடுகின்றன. துவக்க இடைநிலையில் (Pro metaphase), செண்ட்ரோமியர் நார்கள் $10\mu$ நீளமாக உள்ளன. முதல் நிலையின் போது அவற்றின் நீளம், $3—5\mu$ அளவாகக் குறைகிறது. ஆனால் இந் நார்கள் சுருக்க மடையும் வேளையில், கதிர் அமைப்பு முழுமையும் நீள மடைந்து, அதன் விளைவாக இரு துருவங்களுக் கிடையேயான தூரமும் அதிகரிக்கிறது. கதிரின் வளர்ச்சியின்போது, தொடர்ச்சியான நார்கள் சூழ் வெளியிலிருந்து புதுப்பொருட்களை எடுத்துக் கொண்டு வளர்கின்றன. குரோமோசோம்கள் துருவங்களை நோக்கி இழுக்கப்படும்போது சில நார்களின் அழிவினால் குட்டையாகின்றன,

இனுவே மற்றும் சேடோ (Inoue and Sato), ஆகியோர் தொடர்ச்சியான நார்கள் வளரும் போது குரோமோசோம்கள் நகரத்துவங்கி, நார்களின் நுனிகள் அழியும்போது நகர்வதை முடித்துக் கொள்வதாகத் தெரிவிக்கின்றனர். ஆனால் பேஜரும், ஆடர்கிரெனும் (Bajer and Ottergren), இதை ஒப்புக் கொள்ள வில்லை. அவர்கள் கருத்துப்படி, குரோமோசோம்கள் நகரும் செயல் செயலாக்கமுள்ள ஒன்றாகும். இச் செய்கையின்போது செண்ட்ரோமியர் நார்கள், பாய்மரக்கப்பல் போன்று தொடர்ச்சியான நார்களுக்கிடையே தவழ்ந்து செல்வதாக அவர்கள் கருது கின்றனர். இச்செயலுக்கான ஆக்க சக்தியை மின் ஊடுபரவல் (Electro osmosis), அல்லது எலெக்ட்ரோ ஃபோரசிஸ் அளிப்பதாக (Electrophoresis), அம்புரோஸ் (Ambrose), கருதுகிறார்.

சமீபகால எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி ஆராய்ச்சிகள், நுண் குழாய்களுக்கிடையில் செயற்கைப் பாலங்கள் இருக்கக் கூடும் எனக் காட்டுகின்றன. இப்பால அமைப்புகள் உடைபட்டு, ஏடிபி வெளிப்படுவதன் காரணமாகவே செண்ட்ரோமியர் நார்கள் நகர்வதாகத் தெரிகிறது.

## பிரதியெடுத்தல்
## (Replication)

பிரதியெடுத்தல், குரோமோசோமின் ஒரு பகுதியில் மட்டும் துவங்குகிறதா, அல்லது ஒரே சமயத்தில் பல இடங்களில் நடை பெறுகிறதா? குடல் ஒட்டுண்ணியான எண்டமிபா கோலையில்

(Entamoeba coli), பிரதியெடுத்தல் ஒரு குறிப்பிட்ட பகுதியில் துவங்கி பின்னர் மற்ற பகுதிகளுக்கும் பரவுகிறது. இவ்வாறு பிரதியெடுக்கும் அலகு பிரதியெடுப்பான் (Replicon), என அழைக்கப்படுகிறது. ஆய்வுக்கூடத்தில் வளர்க்கும் செல்களின் குரோமோசோம்கள் அனேக பிரதியெடுப்பான்களைக் கொண்டுள்ளதாகத் தெரிகிறது.

டிஎன்ஏ மூலக்கூறு பல செண்டிமீட்டர் நீளமுடையது. எனவே ஒரே ஒரு பிரதியெடுப்பானின் உதவியால் முழு குரோமோசோமும் எவ்வாறு பிரதியெடுக்கிறது என்பதை விளக்குவது கடினம். குரோமோசோமின் பிரதியெடுக்கும் அலகு செண்ட்ரோமியரே என்று கேயல், பெல்லிங் (Keyl and Pelling), ஆகியோர் குறிப்பிடுகின்றனர். பிரதியெடுப்பான்கள் ஒரே திசையில் பிரதியெடுப்பதில்லை. சில பாக்டீரியாக்களின் இழைகளில் சுழல்வளையம் (Swivel), போன்ற ஒரு பகுதி காணப்படுகிறது. இங்கு இழைகள் சுழல்வதால், இரட்டைத் திருகைப் (Double helix), பிரித்தெடுக்க முடிகிறது.

## சைட்டோப்பிளாசப் பகுப்பு
## (Cytoplasmic division)

செல் பகுப்பு உட்கரு, சைட்டோப் பிளாசம் ஆகிய இரண்டையும் சேய்ச் செல்களுக்குப் பகிர்ந்தளிக்க உதவுகிறது. சைட்டோப் பிளாசத்தில் மைட்டோக் காண்டிரியா, ரிபோசோம்கள், கொழுப்புத்துகள்கள் போன்ற ஏராளமான அமைப்புகள் உள்ளன. இவைகளைச் சமமாகப் பிரித்தல் எளிதல்ல. எடுத்துக்காட்டாக ஒரு சேய்ச் செல்லில் 120 மைட்டோக் காண்டிரியான்களும், மற்றொன்றில் 80-ம் செல்லக்கூடும். இவை கடைநிலைக்குப் பின்னர் தேவைப்படும் சக்தியைத் தருவதற்குப் போதுமானவை. புதிய நுண்ணுறுப்புகளை அமைக்கும் சேர்க்கைத் தொழிலை உட்கருவின் டி என் ஏ கட்டுப்படுத்துவதால், விரைவில் குறைபாடுகள், பற்றுக் குறைகள் ஆகியவை நீக்கப்படுகின்றன. சில நுண்ணுறுப்புகள் தாமே பிரதியெடுத்துக் கொள்வதாக சமீப கால ஆராய்ச்சிகள் காட்டுகின்றன. இதனை முதலில் எடுத்துக் கூறியவர் சான்னேபார்ன் (Sonneborn, 1948) ஆவார். அவர் பாரமீசியம் என்ற தொல்லுயிரியில் உள்ள கப்பாத் துகள்கள் (Kappa particles) பிரதியெடுப்பதைக் கண்டார். இதனைத் தொடர்ந்து பல நுண்ணுறுப்புகள் பிரதியெடுப்பதை மற்றும் பலர் எடுத்துக் காட்டினர்.

பாலூட்டிகளின் செல்கள், தாவர செல்கள், தொல்லுயிரிகள் ஆகியவற்றில் மைட்டோக் காண்டிரியா, குளோரோபிளாஸ்ட், குறு இழைகளின் அடிப் பகுதிகள் ஆகிய பகுதிகளில் டி என் ஏ இருப்பதாகத் தெரிகிறது. நுண்ணுறுப்புகளில் உட்கருவின் குறுக்கீடின்றி டிஎன்ஏ புரதச் சேர்க்கை செய்ய வல்லது. எனினும் உட்கருவின் கட்டுப்பாடு, டி என் ஏவின் வேலையை ஓரளவு ஒழுங்கு படுத்துகிறது.

செவ்ரேமாண்ட் (Chevremont) என்பவர், வளர்க்கப்படும் பாலூட்டி செல்களில் டி என் ஏ யேஸ் (DNA ase) என்ற நொதியைச் செலுத்தி டிஎன்ஏவை அழித்தார். பின்னர் அட்ரினோ குரோம் (Adrenochrome), ட்ரைஹைட்ராக்சி என் மெதிலின்டோல் (Trihydroxy - N –methylindole) ஆகியவற்றை இட்டார். இவை எதிர்முகப் பகுப்புச் செயல்களுக்கு மந்தப்படுத்திகளாகச் (Inhibitors) செயலாற்றுகின்றன. எனவே இச்செல்கள் எதிர்முகப் பகுப்பு அடைவதில்லை.

உடற்செல்களில் எதிர்முகப் பகுப்பு நடைபெறுதல் புதிய செல்களின் தேவையைப் பொருத்தது. மாறுநிலை கொண்ட தோலின் புறச் செல்கள் தொடர்ந்து அழிவதால், மேலணி இழையச் செல்களில் எதிர்முகப் பகுப்பு எப்போதும் நிகழ்கிறது. எனவே செல் பகுப்பும், செல் மாறுநிலை கொள்ளலும் ஏறத்தாழ சமமாகவே வைக்கப்பட்டுள்ளன.

## தொடர்ந்து படிக்க

1. Brachet, J., Chemical Embryology, Interscience, New York 1950.

2. De Robertis etc., General Cytology, Saunders, Philadelphia 1948.

3. Heilbrunn, L.V., The Dynamics of living Protoplasm, Academic Press, New York 1954.

4. Hughes, A., The Mitotic cycle, Academic Press, New York 1952.

5. **Ris, H., In Analysis of Development, Saunders, Philadelphia 1955.**

6. Schrader, F., Mitosis, Columbia University Press, New York 1944.

7. Swift, H., etc., In 'Cellular mechanisms of Differentiation and growth', Princeton Univ, Press, Princeton, New Jersey 1956.

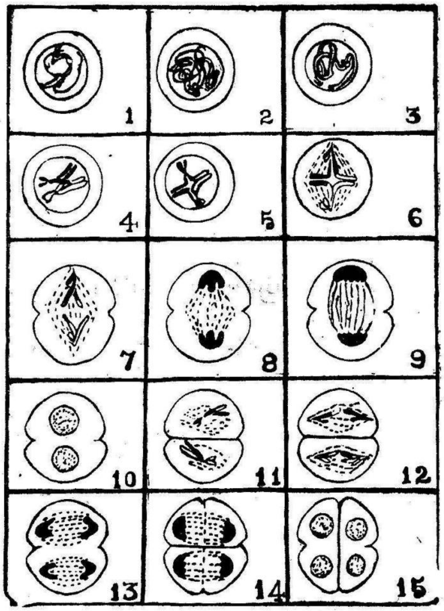
8. Sagan, L., On the origin of Mitosing Cells, J Theor. biology, 1967.

# 15. குன்றல் பகுப்பு

**(Meiosis)**

இனப்பெருக்கம் நடத்துகிற முறை, பல்வேறு உயிரிகளில் வேறுபடுகிறது. பாலிலி இனப் பெருக்கத்தின் போது, தாய் உயிரி இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட துண்டுகளாகப் பிளவு படுகிறது. ஒவ்வொரு துண்டும் எதிர் முகப் பகுப்பினுல், ஒரு முழு உயிரியை அமைக்கிறது. பால் இனப்பெருக்கத்தில் ஆண் பெண் இனப்பெருக்கச் செல்கள் ஒருங்கிணைந்து, ஒரு கரு முட்டையை உண்டாக்குகின்றன; இதிலிருந்து ஒரு முழு உயிரி உருவாகிறது. குதிரை நூல் புழுவான பாரஸ்காரிஸ் ஈக்வோரம் (Parascaris equorum) என்பதன் கரு முட்டைகளில், இனப்பெருக்கச் செல்களைப்போல் இரு மடங்கு குரோமோசோம்கள் இருப்பதாக முதன் முதலாக வான் பெனடின் (Van Beneden, 1883) தெரிவித்தார். இதிலிருந்து இனப் பெருக்கச் செல் ஒவ்வொன்றும் கரு முட்டைக்குப் பாதியளவு குரோமோசோம்களை அளித்திருப்பது தெரியவந்தது. தொடர்ந்து வீஸ்மன் (Weismann, 1887) ஒவ்வொரு சந்ததியிலும், ஏதாவதொரு நிலையில் குன்றல் பகுப்பு நிகழ வேண்டும்என்று குறிப்பிட்டார். இவ்வாறு குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கையைப் பாதியாகக் குறைக்காவிடில், தாய்ச் செல்களைப் போல் இரு மடங்கு குரோமோசோம்களைப் பெற நேரிடும் என்றும் அவர் கூறினர்.

பின்னர் ஃபிளெமிங் (Flemming, 1887) ஸ்ட்ராஸ் பர்ஜர் (Strasburger, 1888), ஆகியோர் முதிர்ச்சியான விந்தணு, முட்டை ஆகியவற்றை அமைப்பதற்கு முன் இரு உட்கருப் பகுப்புகள் அடுத்தடுத்து நிகழ்வதாகக் குறிப்பிட்டனர். இனப் பெருக்கச் செல்கள் தோன்றுகையில் நடைபெறும் இம்முறைக்கு குன்றல் பகுப்பு (Meiosis) என்று 1905-ல் பெயரிடப்பட்டது. கரு

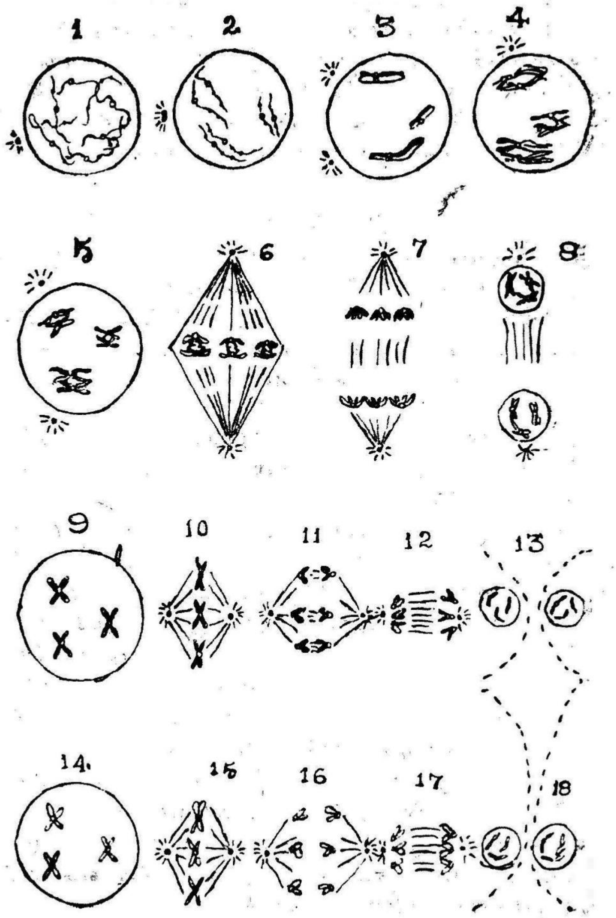


படம். 64

தாவரங்களில் குன்றல் பகுப்பின் நிலைகள்

1. நீள் நூல் நிலை;
2. இணை நூல் நிலை;
3. குறுகு நூல் நிலை;
4. இரு நூல் நிலை;
5. டயாகினசிஸ்;
6. முதல் இடை நிலை;
7. முதல் முன் கடைநிலை;
8. பிற்பகுதி முதல் முன் கடைநிலை;
9. முதல் கடை நிலை;
10. பகுப்பு இடைப்பருவம்;
11. இரண்டாம் இடைநிலை;
12. இரண்டாம் முன் கடை நிலை;
13. பிற்பகுதி இரண்டாம் முன் கடை நிலை;
14. இரண்டாம் கடை நிலை;
15. நாற்செல் அமைப்பு.

முட்டையில் காணும் குரோமோசோம் அமைப்பு, இரட்டைக் குழுநிலை (diploid) எனவும், இனப் பெருக்கச் செல்களில் அவற்றுக்கு ஒற்றைக் குழுநிலை (haploid) எனவும் வழங்கப் படுகின்றன. இரட்டைக் குழுநிலை எண்ணிக்கையுடைய குரோமோ சோம்கள் உயர்தாவரங்கள், விலங்குகள் ஆகியவற்றில் அமைந் துள்ளன. ஆனல் கீழ் மட்ட தாவரங்களான ஆல்காக்கள், காளான்கள், பாக்டீரியா ஆகியவற்றில் சாதாரணமாகவே ஒற்றைக்குழுநிலை காணப்படுகிறது. இவைகள் பலவற்றில் இனப் பெருக்க செல்கள் ஒருங்கிணைந்த பின்னர், குன்றல் பகுப்பு நிகழ்ந்து ஒற்றைக்குழுநிலை அமைக்கப்படுகிறது.



படம்—65
விலங்கு செல்லில் குன்றல் பகுப்பு

1. நீள் நூல் நிலை;
2. இணை நூல் நிலை;
3. குறுகு நூல் நிலை;
4. இரு நூல் நிலை;
5. டையாகினசிஸ்;
6. முதலாம் இடை நிலை;
7. முதலாம் முன் கடை நிலை;
8. முதலாம் கடை நிலை;
9, 14 பகுப்பு இடை நிலைப் பருவம்;
10, 15 இரண்டாம் இடை நிலை;
11, 16 } இரண்டாம்
12, 17 } முன் கடை நிலை;
13, 18 இரண்டாம் கடை நிலை.

குன்றல் பகுப்பு முறை அனேகமாக எல்லாச் செல்களிலும் ஒரே மாதிரியாக நடைபெறுகிறது. இது பருவ முதிர்ச்சி இல்லாத இனப் பெருக்க செல்களில் துவங்கி, இரண்டு பகுப்புகளைப் பெறுகிறது. முதலாவது பகுப்பின்போது முதல் நிலை, எதிர் முகப் பகுப்பின் முதல் நிலையை விட நீண்டு காணப்படுகிறது. இது சில குறிப்பிட்ட கட்டங்களாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது.

## முதல்நிலை 1

**(அ) நீள்நூல் கட்டம்** (Leptotene stage): இந்நிலையில் குரோமோசோம்கள் மிக மெல்லிய ஒற்றை இழைகளைப்போல் காணப்படுகின்றன. பின்னர் அவ்விழைகளின் மேல் அடர்த்தியான வேறுபட்ட அளவு கொண்ட துகள்கள் அமைகின்றன. இத்துகள்கள் குரோமோமியர்கள் (Chromomores), எனப்படும்.

**(ஆ) இணைநூல் கட்டம்** (Zygotene stage): இந்நிலையில் குரோமோசோம்கள் இணையாக அமையத் துவங்குகின்றன. இணை குரோமோசோம்கள் தோற்றத்தில் ஒரே மாதிரியாக இருப்பதால், ஒத்த அமைப்பு இணை (Homologous pair), எனப்படுகின்றன. இவ்விணையில் ஒரு குரோமோசோம் தாயிலிருந்தும், மற்றொன்று தந்தையிலிருந்தும் பெறப்படுகின்றன. இக் குரோமோசோம்களின் நீளம், செண்ட்ரோமியர் அமைந்துள்ள இடம், குரோமோமியர்களின் வரிசையமைப்பு ஆகிய அனைத்தும் ஒத்திருக்கின்றன. இவ்வாறு குரோமோசோம்கள் நெருங்கி அமைவதை இணைப்புச் செயல் (Synapsis) அல்லது இணைநூல் அமைத்தல் (Zygoten pairing) என அழைக்கிறோம். இப்போது உட்கருவில் ஒற்றைக்குழுவாக இணைகுரோமோசோம்கள் காணப்படுவதால், இவை இரட்டைத் தொகுப்புகள் (Bivalents) என்று பெயரிடப் பட்டுள்ளன. இவை இணையாக அமைவதற்கான சாதனம் என்ன என்பதும், இவற்றைக் கவர்ந்து இழுக்கும் சக்தி எது என்பதும் இதுவரை புரிந்து கொள்ளப் படவில்லை.

**(இ) குறுகுநூல் கட்டம்** (Pachytene stage): இந்நிலையில் ஒவ்வொரு இணைத்தொகுப்பின் இரண்டு குரோமோசோம்களும் குட்டையாகவும், தடிப்பாகவும் மாறுகின்றன.

**(ஈ) இருநூல் அகல் கட்டம்** (Diplotene stage): இரண்டு ஒத்த குரோமோசோம்களைக் கவர்ந்து இழுத்து, இணைத்து வைத்துள்ள சக்தி இப்போது சற்றுத் தளர்ச்சியடைகிறது. அதன் விளைவாக இரு குரோமோசோம்களும் விலகிச் செல்லத் துவங்குகின்றன. மேலும் இப்போது இரண்டு குரோமோசோம்களும்

தாமே பிளவுபட்டிருப்பதைக் காணலாம். எனவே ஒவ்வொரு குரோமோசோமிலும் 4 இழைகள்உள்ளன. பிரிவுபட்டவற்றுக்குச் சேய்க் குரோமாடிட்கள் (Daughter chromatids), என்று பெயர். இப்பிரிவு முழுமையானதல்ல. ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட பகுதிகளில் குரோமாடிட்கள் இன்னும் உறவு கொண்டிருக்கக் காணலாம். இத்தகைய தொடர்பு ஒரே ஒரு பகுதியில் காணப் பட்டால், அது ஒரு பெருக்கல் குறிபோல் அமைந்து குறுக்கீட்டுப் பகுதி (Chiasma), எனப்பெயர் பெறுகிறது. பல இடங்களில் தொடர்பிருந்தால், வளையம் போல் தோன்றுகிறது. இத்தகைய குறுக்கீட்டுப் பகுதிகளில் ஒரு குரோமாடிட் உடைபட்டு மற்றொன்றின் உடைந்த நுனியுடன் பொருந்திக் கொள்வதாக ஜேன்சன்ஸ் (Janssens, 1909), குறிப்பிட்டார்.

குறுக்கீட்டுப் பகுதிகளை நேரடியாகக் காண்பது சிரமமான செயல். ஆனால் மார்கன் (Morgan, 1911), பழ ஈயில் நடத்திய ஆராய்ச்சிகளிலிருந்து, ஜேன்சன்ஸின் கொள்கைக்குச் சான்றுகள் கிடைத்தன. பின்னர் பெல்லிங் (Belling, 1928), என்பார், ஜேன்சன்ஸின் கொள்கைக்கு ஒரு திருத்தம் தெரிவித்தார். இந்தப் பகுதிகளின் பரிமாற்றம் குரோமோசோம்கள் நெருக்கமாகவுள்ள குறுகுநூல் கட்டத்தில் நடக்குமேயொழிய, இரு நூல் அகல் கட்டத்தில் அல்ல என்று அவர் கருதினர்.

பிரிட்ஜஸ் (Bridges, 1916), ஆண்டர்சன் (Anderson, 1925), ஆகியோர் பழ ஈயின் சேய்ப்பெருக்கத்தின்போது குறுக்கீட்டுப் பகுதிகள் தோன்றுவதற்கு முன்னரே குரோமோசோம்களில் நான்கு இழைத் தோற்றம் காணப்படுவதாகக் கூறினர். குறுக் கீட்டுப்பகுதி இரு குரோமாடிட்களுக்கிடையே நடப்பதால், இந் நிகழ்ச்சி இருநூல் அகல் கட்டத்தில்தான் நடைபெறும் என்று அவர்கள் உறுதியாகக் கூறினர்.

*(உ)* குறுகலிழைக் கட்டம் (Daikinesis): இது முதல் நிலையின் இறுதிக் கட்டமாகும். இந்நிலையின் போது குரோமோ சோம்கள் மேலும் குட்டையாகவும், தடிப்பாகவும் மாறுகின்றன; இரட்டைத் தொகுப்புகள் இரண்டும் மேலும் ஒன்றை விட்டு மற்றொன்று அகன்று செல்கின்றன.

## முதல் குன்றல் பகுப்பின் இடைநிலை முன்கடைநிலை மற்றும் கடைநிலை.

முதல் நிலையின் இறுதியில் உட்கருமணி, உட்கருச் சவ்வு ஆகியவை மறைந்து விடுகின்றன. எதிர்முகப் பகுப்பைப்போன்று

கதிர் அமைப்பு தோன்றியவுடன் இடைநிலை துவங்குகிறது. எனினும் எதிர் முகப் பகுப்பின் இடை நிலையிலிருந்து இது வேறு படுகிறது. இரு குரோமோசோமின் செண்ட்ரோமியர்களும் மைய அச்சில் அமையாமல், அதன் இரு புறங்களிலும் அமை கின்றன. மேலும் எதிர் முகப் பகுப்பைப்போல் செண்ட்ரோமி யர்கள் முன்கடை நிலையில் பிளவு படுவதில்லை. மாறாக ஒத்த அமைப்புடைய குரோமோசோம்களின் செண்ட்ரோமியர்கள், குரோமோசோம்களை இழுத்துக் கொண்டு வெவ்வேறு துருவங்களை நோக்கி நகர்கின்றன. இந்நிலையின்போது ஒவ்வொரு குரோமோ சோமிலும் இரு குரோமாடிட்கள் தெளிவாகத் தெரிகின்றன. முதலாவது கடைநிலையின் இறுதியில் ஓர் உட்கருச் சவ்வு, ஒற்றைக் குழு குரோமோசோம்களைச் சூழ்ந்து உண்டாகிறது. இவ்வாறு இரு சேய்ச்செல்கள் உண்டாகின்றன.

## இரண்டாம் குன்றல் பகுப்பு

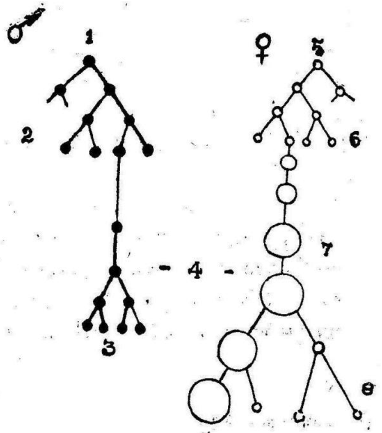
இது முடிந்தவுடன் ஒரு சுருக்கமான இடைத் தோற்றநிலை ஏற் படுகிறது. இப்பருவத்தில் குரோமோசோம்கள் தெளிவாகத் தெரிவதில்லை. விரைவில் சேய்ச் செல்கள் இரண்டாம் குன்றல் பகுப்பு நிகழ்ச்சிகளில் ஈடுபடுகின்றன. இது எதிர்முகப் பகுப்பைப் போன்றே காணப்படுகிறது. இதில் காண்கின்ற குரோமோ சோம்கள் இரண்டு குரோமாடிட்களையும். ஒரு செண்ட்ரோமி யரையும் பெற்று மைய அச்சில் அமைகின்றன. எனினும் இந் நிகழ்ச்சி எதிர்முகப் பகுப்பிலிருந்த ஒரு விவரத்தில் வேறுபடுகிறது. இதில் பாதியளவு எண்ணிக்கையுள்ள குரோமோசோம்களே இருக் கின்றன. அதாவது ஒத்த அமைப்பு இணையின் ஒவ்வொரு குரோமோசோம் மட்டுமே காணப்படுகிறது. இரண்டாவது முன் கடைநிலையின் போது செண்ட்ரோமியர்கள் பிளந்து, சேய்க் குரோமோசோம்கள் வெவ்வேறு துருவங்களை நோக்கி நகரத் துவங்குகின்றன. இரண்டாவது கடைநிலையின் இறுதியில் புதிய உட்கருச் சவ்வு ஒற்றைக்குழுக் குரோமோசோம்களைச் சுற்றித் தோன்றுகிறது.

குன்றல் பகுப்பு நிகழ்ச்சிகளைச் சுருங்கக் கூறுவதானால், அதில் ஒரு பிளவுபடல், ஒரு பகுப்பு ஆகியவை அடங்கியுள்ளன. இவை களில் காணும் செல் நிகழ்ச்சிகள் இன்னும் நிச்சயமாக அறியப்பட வேண்டும். எடுத்துக் காட்டாக ஒத்த குரோமோசோம்கள் முத லாவது பகுப்பின் முதல் நிலையின்போது இணையாக அமை வதற்கான சக்தி யாது என்பதும்,அவை இருநூல் அகல் கட்டத்தில் பிரிவதற்குக் காரணமான செயல் என்ன என்பதும் இதுவரை

புரிந்து கொள்ளப்படவில்லை. பிரிச்சார்டு (Pritchard 1960) என்பவர் இதற்கான ஒரு விளக்கத்தைத் தந்துள்ளார். குன்றல் பகுப்புக்கு முன்பு இடைநிலைப் பருவத்தில் குரோமோசோம்கள் உட்கருவினுள் அசைந்து திரிகின்றன; ஒத்த அமைப்புடைய குரோமோசோம்கள் தற்செயலாக ஒன்றையொன்று நெருங்கும் போது அவை ஒட்டிக் கொள்கின்றன.

டார்லிங்டன் (Darlington, 1936) என்பார், குன்றல் பகுப்பினை முன் முதிர்ந்த வளர்ச்சி கொண்ட (Precocious) எதிர் முகப் பகுப்பாகக் கொள்ளலாம் என்று தெரிவித்தார். மேலும் எதிர் முகப் பகுப்பின்போது சேய்க் குரோமாடிட்களை இணைத்துப் பிடித்துள்ள சக்தியே குன்றல் பகுப்பின் இணைநூல் கட்டத்திலும், ஒத்த அமைப்புகள் குரோமோசோம்களை இணையாக வைத்திருக்க உதவுகிறது என்று அவர் கருதினர். ஆனல் இக்கருத்து இப்போது ஒப்புக் கொள்ளப் படுவதில்லை.

குரோமாடிட்கள் உடை படுதலைப் பற்றிச் சில கருத்து வேறு பாடுகள் உள்ளன. முற்காலக் கொள்கைப்படி இணையான குரோமோசோம்கள் இறுக்கமாகச் சுருண்டு காணப்படுகின்றன;




படம்-66

இனச் செல்களின் தோற்றம்.

1. விந்தணுத் தாய்ச்செல்; 2. முதல் நிலை விந்தணு; 3. விந்தணுக்கள்; 4. குன்றல் பகுப்பு; 5. முட்டை. தாய்செல்; 6. முதல்நிலை 7 முட்டையின் வளர்ச்சி; 8. முட்டையும், துருவச் செல்களும்.

இவை உந்தி விலக்கப்படும்போது உடைபடுகின்றன. ஆனால் இக் காலக் கருத்துப்படி நொதிகளின் செயலே இவற்றுக்குக் காரணம் என்று தெரிகிறது. குரோமாடிட்களின் பகுதிகள் பறிமாறிக் கொள்ளப் படுவதால் இழப்போ, இலாபமோ ஏற்படுவதில்லை.

## இனச் செல்கள் உண்டாதல்

ஆண் விலங்குகளில் இனப் பெருக்கச் செல்கள் உண்டாக்கப் படும்போது விந்தணுத் தாய்ச்செல்கள் (Spermatogonia) எதிர் முகப் பகுப்படைந்து முதல் நிலை விந்தணுக்களைத் (Spermato cytes) தோற்றுவிக்கின்றன. பிறகு இவை குன்றல் பகுப்பு பெற்று நான்கு முழு வளர்ச்சி கொண்ட விந்தணுக்களை உண்டாக்குகின்றன. அதே போன்று பெண்ணில் முட்டைத் தாய்ச் செல்கள் (oogonia). முதல்நிலை முட்டைகளை (oocytes) அமைக்கின்றன. இவை குன்றல் பகுப்பு நிகழ்வதற்கு முன்பே முட்டைகளைப்போல் மாறிவிடு கின்றன. ஒவ்வொரு முதல் நிலை முட்டையும் ஒரே ஒரு முட்டையை உண்டாக்குகிறது. இந்நிகழ்ச்சியின்போது சமமில் லாத பகுப்புக்களினால் உண்டாகும் மூன்று துருவச் செல்கள் (Polocytes) பயனற்றவையாக ஒதுக்கப்படுகின்றன.

## குன்றல் பகுப்பின் பயன்கள்

குன்றல் பகுப்பு முறை குரோமோசோம்களின் எண்ணிக் கையை எல்லாச் சந்ததிகளிலும் சமமாக வைத்திருக்க உதவுகிறது. குரோமோசோம்களைப் பெற்றோரிடமிருந்து பெற்று வகைப் படுத்தி அனுப்புதலும், குறுக்கீட்டு முறைகளினால் பகுதிகளைப் பரிமாறிக்கொள்வதும் மரபு குணங்களைத் திருத்தியமைக்கப்பயன் படுகின்றன. குன்றல் பகுப்பின் முதலாவது இடைநிலையின்போது, ஒத்த குரோமோசோம்கள் விருப்பம்போல் மையத் தகட்டில் அமைகின்றன. எனவே இறுதியில் ஒவ்வொரு துருவத்திலும் பெறப் படுகின்ற குரோமோசோம்கள், தாய் தந்தையரிலிருந்து வந்த குரோமோசோம்களின் நியதியற்ற கலவையாகும். இவ்வாறு வகைப்படுத்தி அனுப்புகின்ற செயல், மரபியல் மாறுதல்களுக்குக் காரணமாகிறது.

மனிதனின் இரட்டைக் குழு குரோமோசோம்களின் எண் ணிக்கை 46 ஆகும். ஆணில் ஒத்த அமைப்புடைய குரோமோ சோம்கள் 22 இணையாக உள்ளன; இவை ஆட்டோசோம்கள் (autosomes) எனப்படுகின்றன. வேறுபட்ட வகையான ஓர் இணை பால் குரோமோசோம்கள், பால் குரோமோசோம்கள் (Sex chromosomes) அல்லது வேறு பாட்டுக் குரோமோசோம்கள்

(Heterosomes) என அழைக்கப்படுகின்றன. இவற்றில் பெரியதாகக் காணப்படுவது 'X' குரோமோசோம் எனவும், சிறியது 'Y' குரோமோசோம் எனவும் பெயரிடப்பட்டுள்ளன. பெண்ணின் 23 இணை ஒத்த குரோமோசோம்கள் உள்ளன. பால் குரோமோசோம்கள் இரண்டும் 'X' வகையைச் சேர்ந்தவை. இனப்பெருக்கச் செல்களுள், முட்டைகள் அனைத்திலும் 'X' குரோமோசோம்கள் காணப்படுகின்றன. ஆயின் விந்தணுக்களில் பாதி 'X' குரோமோசோமையும், மற்ற பாதி 'Y' குரோமோசோமையும் கொண்டுள்ளன. குன்றல் பகுப்பின்போது மட்டும் குரோமோசோம்களை மாற்றி அமைக்கக்கூடிய எண்ணிக்கை $2^{23}$ ஆகிறது. எனவேதான் தாய்தந்தையரிலிருந்து சேய்கள் மரபியல் அமைப்பில் பல வகைகளில் மாறுபட்டிருக்கின்றன.

## தொடர்ந்து படிக்க


1. Heilbrunn, L.V. An outline of General Physiology, Saunders, Philadelphia 1943.

2. William, D. Mc Elroy and Bentley Glass, A symposium on the chemical basis of here lity, John Hopkins Press, 1957.

3. Vincent, W.S., In 'The beginnings of Embryonic Development, Am. Assoc. Advanc. Sci., Washington, D.C., 1957.

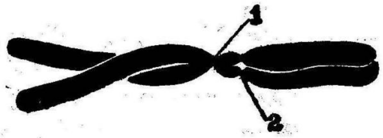
# 16. குரோமோசோம்கள்

## (Chromosomes)

எதிர் முகப் பகுப்பு, குன்றல் பகுப்பு ஆகியவற்றின்போது குரோமோசோம்களைப் பற்றி நன்கு ஊன்றி ஆராய முடிகிறது. இவற்றை முதன் முறையாகக் கண்டு குரோமோசோம்கள் என்று பெயர் சூட்டியவர் வால்டேயர்(Waldeyer, *1888*), என்பவராவார். உட்கருவினுள் ஒரு சிறப்பான அமைப்பு, தனித்தன்மை, வேலை ஆகியவற்றைக் கொண்டவை குரோமோசோம்களாகும். இவை தங்களைத் தாங்களே பிரதியெடுத்துக் கொள்ளும் தன்மையுள்ளவை. மேலும் இவைத் தொடர்ச்சியான பல புகுப்புகளுக்குப் பின்னரும் தங்கள் வெளியமைப்புக் குணங்களையும், செல்லியல் பண்புகளையும் நிலையாக வைத்திருக்கின்றன.

எதிர்முகப் பகுப்பின்போது குரோமோசோம்களை அடையாளம் கண்டுகொள்ள அவற்றின் எண்ணிக்கை, அளவு, அமைப்பு, நடத்தை, உள் அமைப்பு ஆகியவை துணை செய்கின்றன. மற்ற தன்மைகளான சுருக்கமடைதல், சுருளமைத்தல் போன்றவை வேறுபடக்கூடும். எல்லாத் தாவர, விலங்கு செல்களிலும் இனத் தன்மைக் கொப்ப குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கை நிலையாக இருக்கக் காணலாம். மேலும் குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கை, உயிரினங்களின் வகைபாட்டை முடிவு செய்வதிலும், அவற்றின் தொகுதி வரலாற்றைப் (Phylogeny) புரிந்து கொள்வதிலும் துணை செய்கிறது. மிகக் குறைந்த எண்ணிக்கையான குரோமோசோம்கள், குதிரை நாக்குப் பூச்சியான (horse round worm) ஆஸ்காரிஸ் மெகலோ செஃபலாவில் (Ascaris megalo cephala) காணப்படுகிறது. இதில் இரண்டு குரோமோசோம்கள் மட்டுமே உண்டு. மிக அதிக எண்ணிக்கையானவை, தொல்லுயிரியான அக்ரிகேட்டாவில் (Agregata) உள்ளது: இதில் 300க்கு மேற்பட்டவை காணப்படுகின்றன. குரோமோசோம்களின் வடிவம் அடையாளம் கண்டு கொள்ள உதவுகிறது. ஆனல் சில வேதியியல்

பொருட்கள், கதிரியக்கம் ஆகியவற்றினால் வடிவம் மாறக் கூடும். சில விபத்துக்கள் காரணமாயும் குரோமோசோம்களின் வடிவத்தில் மாறுதல்கள் ஏற்படுகின்றன. இத்தகைய குரோமோசோம்கள் எங்கிருந்து தோன்றின என்பதை முடிவு செய்வது சிரமமான செயலாகும்.




படம் 67

இடைநிலைக் குரோமோசோமின் தோற்றம்

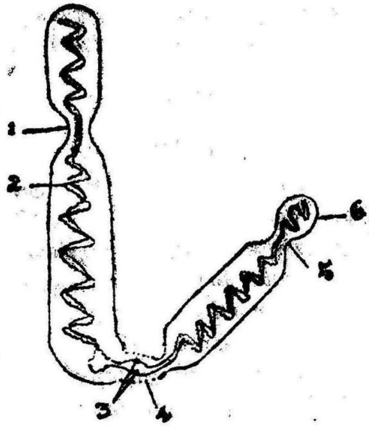
1. செண்ட்ரோமியர்; 2. உட்கருமணி தோற்றுவிக்கும் பகுதி.

## அமைப்பு
## (Structure)

குரோமோசோம்களின் தெளிவான அமைப்பை செல் பகுப்பின் நடுநிலை, முன் கடைநிலை ஆகியவற்றின்போது காணலாம். இந்நிலைகளில் அவை உருண்டையான வடிவம் பெற்று உப்புமூலச் சாயம், ஃபால்ஜன் முறை (Feulgen method) ஆகியவற்றால் எளிதில் நிறம் கொள்கின்றன. திசுக்களை வெட்டி இவற்றின் அமைப்பைக் காணமுடியும். ஆயினும் திசுக்களைக் கசக்கியும், தேய்த்தும் இவற்றை மேலும் தெளிவாகப் பார்க்கலாம். தாவரங்களின் மெரிஸ்டம் (Meristem), மகரந்தம் (Pollen), இனப் பெருக்கத் திசுக்கள் ஆகியவற்றை நசுக்கி அதே நேரத்தில் ஹிமடாக்சிலின் (Hematoxylin), அல்லது அசிட்டோ கார்மைன் (Acetocarmine), உதவியால் நிறமிட்டு இவற்றைக் காணமுடியும். முதலில் அடர்த்தி குறைவான கரைசலைப் பயன்படுத்தி உட்கருவை வீங்கச் செய்து, குரோமோசோம்களை எளிதாகப் பார்க்கலாம். மனித குரோமோசோம்களை எலும்பு மச்சை (Bone marrrow), வெள்ளணுக்கள் ஆகியவற்றிலிருந்து அறிய முடியும்

இடைநிலை, முன்கடைநிலை ஆகியவற்றின் போது குரோமோசோம்களை மூன்று பிரிவுகளாகப் பிரிக்கலாம். குச்சி போன்று நீளமாக அமைந்து, ஒரு மிகச்சிறிய நன்கு புலப்படாத கரத்தைக் கொண்டிருந்தால் அது நுனிமையக் (Acrocentric), குரோமோசோம் எனப்படும்; இரு சமமில்லாத கரங்களுடன் 'L' வடிவத்தில்

இருந்தால், அது கீழ் நடுநுனி (Submetacentric), குரோமோசோம் என வழங்கப்படும்; இரு சமமான அல்லது ஏறத்தாழ சமமான கரங்களுடன், 'V' வடிவத்தில் காணப்பட்டால் நடுநுனிக் (Metacentric) குரோமோசோம் என அழைக்கப்படும். வெவ்வேறு வடிவமுள்ள குரோமோசோம்கள், ஓர் ஒத்த இணையாக எப்போதும் காணப்படுபவை. எடுத்துக் காட்டாக, நடுநுனிக் குரோமோசோம் ஓர் உயிரியின் எல்லாச் செல்களிலும் அதே வடிவத்தில் காணப்படும். ஒரு குறிப்பிட்ட இனத்தைச் சேர்ந்தவற்றின் செல்களனைத்திலும் குரோமோசோம்களின் வகைகள் நிலையாக அமைந்துள்ளன. ஒரு தனி குரோமோசோமை அதன் வடிவத்தைக் கொண்டு அடையாளம் கண்டு கொள்ள முடிகிறது.




படம் 68

பல்வேறு அமைப்புகளைக் காட்டும் குரோமோசோம்

1. இரண்டாம் ஒடுக்கம்; 2. குரோமானிமா; 3. கதிர் நார்கள்; 4. சென்ட்ரோமியர்; 5. சார்புக்கோள் இணைப்புப் பகுதி; 6. சார்புக்கோள்;

ஒவ்வொரு குரோமோசோமிலும் கீழ்வரும் பகுதிகள் அமைந்து காணப்படுகின்றன:

1. சென்ட்ரோமியர் (Centromere): ஒரு குரோமோசோமின் இருகரங்கள் இணையுமிடத்தில் ஒரு முதலாம் ஒடுக்கம் (Primary constriction) உள்ளது. இது குரோமோசோமின்

வடிவத்தை நிர்ணயிக்க உதவுகிறது. இவ்வொடுக்கத்தினுள் ஒரு துகளைப் பெற்றுள்ள தெளிவான பிரதேசம் காணப்படுகிறது. இதற்கு செண்ட்ரோமியர் அல்லது கைனடோகோர் (Kinetochore), என்று பெயரிடப் பட்டுள்ளது. எதிர்முகப் பகுப்பின் போது, குரோமோசோம்களின் அசைவுக்கு இது காரணமாகிறது. செண்ட்ரோமியரின் விட்டம் $3\mu$ ஆகவும், அதன் துகள் $0.1\mu$ அளவுடனும் இருக்கின்றன. பொதுவாக ஒவ்வொரு குரோமோசோமிலும் ஒரே ஒரு செண்ட்ரோமியர் இருக்கிறது; இது ஒற்றைமையக் (Monocentric), குரோமோசோம் எனப்படுகிறது; இன்னும் சிலவற்றில், இரண்டு செண்ட்ரோமியர் இருப்பதால் அவை இருமையக் (Dicentric), குரோமோசோம்கள் என அழைக்கப்படுகின்றன. சில பூச்சிகளில் பல செண்ட்ரோமியர்கள் இருப்பதால், அவை பல மையக் (Polycentric), குரோமோசோம்கள் எனப்படுகின்றன.

செண்ட்ரோமியரின் அமைப்பு சிக்கல் வாய்ந்ததாக உள்ளது. அதில் இரட்டையாக அமைந்துள்ள மூன்று பிரதேசங்கள் இருக்கின்றன. அதில் நடுப்பிரதேசம், கதிர் அமைப்புடன் குரோமோசோமை இணைக்க உதவுகிறது.

இரண்டாம் ஒடுக்கங்கள் (Secondary Constrictions), குரோமோசோம்களின் மற்ற வெளி அமைப்பு மாறுபாடுகளுக்கு இரண்டாம் ஒடுக்கங்கள் காரணமாகின்றன. இவற்றின் அமையுமிடம், பரப்பு ஆகியவை நிலையானவை. இவை குரோமோசோம்களை அடையாளம் கண்டுகொள்ள உதவுகின்றன. இவை நீளத்தில் வேறுபட்டு குரோமோசோம் முழுவதும் அமைந்துள்ளன. முதலாம் ஒடுக்கத்தைப் போல் தெளிவான வரைமுறைகளுடன் இவை பிரிவுபட்டிருப்பதில்லை.

முனைப் பகுதிகள் (Telomeres): குரோமோசோம்களின் இருபுறங்களிலும் காணப்படும் முனைப்பகுதிகள் சிறப்பு வாய்ந்தவை. ஒரு குரோமோசோமை எக்ஸ்-கதிர் வீச்சினால் பிளவு படுத்த முடியும்! இவ்வாறு உண்டாகும் துண்டுகள். ஒன்றுடன் ஒன்று இணைந்து விடுகின்றன. இருப்பினும், எந்தத் துண்டும் முனைப் பகுதியுடன் இணைவதில்லை. இதிலிருந்து முனைப் பகுதிகள் துருவ நோக்கு (Polarity) உடையவை என்பது புலனாகிறது. இது மற்ற துண்டுகள் இணைவதைத் தடுத்து விடுகிறது.

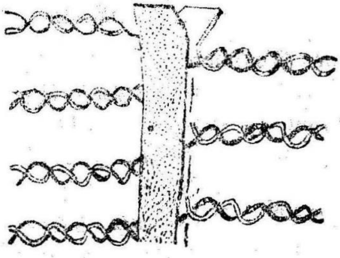
சார்புக் கோள் (Satellite): சில குரோமோசோம்களில் காணப்படுகிற மற்றொரு அமைப்பு சார்புக் கோளாகும்; இது நீண்டு உருண்டு காணப்படுகிறது. பிற பகுதியிலிருந்து, சார்புக்கோள்

ஒரு மெல்லிய குரோமாடிக் இழையினுல் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. சார்புக்கோளின் விட்டம், பிற பகுதிக்குச் சமமாகவோ அதை விடக் குறைவாகவோ இருக்கக் கூடும். இதைப் போன்றே இணைக்கும் இழையின் நீளமும் வேறுபடலாம். சார்புக்கோள் பெற்றுள்ளவை SAT குரோமோசோம்கள் என அழைக்கப்படுகின்றன. ஒவ்வொரு குறிப்பிட்ட குரோமோசோமிலும் சார்புக்கோளின் அளவும், இழையின் நீளமும் நிலையாக இருக்கின்றன.

உட்கருமணிப் பிரதேசம் (Nucleolar zone): சில இரண்டாம் ஒடுக்கங்கள், புதிய உட்கருமணியை அமைக்கும் செயலுடன் தொடர்புடையவை. இவை தோற்றத்தில் மற்ற ஒடுக்கங்களைப் போலவே அமைந்துள்ளன. இத்தகைய சிறப்புப் பகுதிகள், உட்கருமணிப் பிரதேசங்கள் எனப் பெயரிடப்பட்டுள்ளன. பொதுவாக ஒவ்வொரு உட்கருவிலும், இத்தகைய பண்பு கொண்ட குரோமோசோம்கள் இரண்டு உள்ளன. இவை உட்கருமணிக் குரோமோசோம்கள் (Nucleolar chromosomes) எனப்படுகின்றன.

## குரோமோசோம்களின் இழைகள்
## (Chromosomal strands)

குரோமோசோம்களை நீள இழைகளாகத் தொடர்ந்து பிரித்துக்கொண்டே வந்தால், இறுதியாக மேலும் பிரிக்க முடியாத இழை கிடைக்கிறது. இதனைக் குரோமானிமா (Chromonema), என்று அழைக்கலாம். ஒவ்வொரு குரோமோசோமிலும் இதைப்போல் ஒன்றிலிருந்து பல குரோமானிமா



படம் 69

குரோமாடிடின் ரிப்பன் போன்ற அமைப்பு

இதில் இரண்டு அடுக்கு கொண்ட நடுப்பகுதி இருக்கிறது. அதன் மீது டிஎன்ஏ மூலக்கூறுகள் ஒட்டிக்கொண்டு உள்ளன. குரோமாடிட் பிரதியெடுக்கும்போது, நடுப்பகுதி பிளந்து டிஎன்ஏ மூலக் கூறுகள் சுருளகற்றுகின்றன.

காணப்படுகின்றன. இடைநிலைப் பருவத்தின்போது, பிளவுபட்ட குரோமோசோமில் 0.2 μ அளவுள்ள இரண்டு இழைகள் உள்ளன. இவற்றையும் குரோமானிமா எனலாம். அதேபோன்று நுனிக்குநுனி இணைந்துள்ள 100 Å அளவுள்ள நுண்நார்கள் அமைந்துள்ளன. மேலும் பிரிக்க முடியாத இவற்றையும் குரோமானிமா என்று அழைக்கலாம். இத்தகைய பலவகையான இழைகளில் எது உண்மையான குரோமானிமா என்பது விவாதத்துக்குரியதாகும். எனவே இச்சொல்லைக் கொள்கை அளவில் மட்டும் வழங்கலாம்.

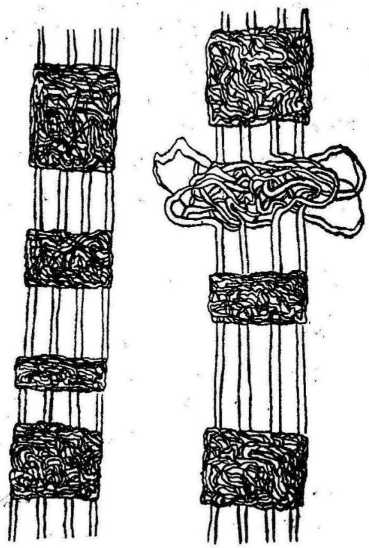
குரோமாடிட் (Chromatid), என்ற அமைப்பைக் குறித்தும் சில கருத்து வேறுபாடுகள் உள்ளன. கால் (Gall, 1958), என்பவர், பிரதியெடுத்த குரோமோசோமின் பாதியை, குரோமாடிட் என அழைக்கலாம் என்று குறிப்பிட்டார். இதன்படி முதல்நிலை அல்லது இடைநிலை குரோமோசோம் இரண்டு குரோமாடிட்களைக் கொண்டிருக்கும். ஒவ்வொரு குரோமாடிடிலும் பல குரோமானிமாக்கள் இருக்கக்கூடும்.

## சிறப்பு குரோமோசோம்கள்
## (Special cromosomes)

குரோமோசோம்கள் மிகச் சிறப்பான முறையில் திருந்திய வடிவம் கொண்டு, மரபுக் குணங்களுக்குப் புகலிடமாக விளங்குகின்றன. அவைகளுடைய பணிகளின் சிறப்பை, சில சமயங்களில் வெளி அமைப்பு காட்டுகிறது. இத்தகைய இரு சிறப்பு குரோமோசோம்களை இங்கு ஆராய்வோம்.

## உமிழ்நீர் சுரப்பி குரோமோசோம்கள்
## (Salivary gland chromosomes)

பூச்சி வகைகளான பழ ஈ அல்லது டுரோசோஃபிலாமிட்ஜ் போன்றவற்றில் சுவையான குரோமோசோம் பண்புகள் காணப்படுகின்றன. இவைகளின் உமிழ் நீர்ச் சுரப்பிகள் ஆழ்ந்து ஆராயப்பட்டுள்ளன. இவற்றின் உட்கருக்களும் குரோமோசோம்களும் பெருத்த வடிவில் காணப்படுகின்றன. செல்கள் பிளக்காத போதும் குரோமோசோம்கள் தெளிவாகத் தெரிகின்றன. இங்கு அமைந்துள்ள டி என் ஏ வின் அளவைக் கணக்கிடும்போது, சாதாரண அளவைவிட 1024 மடங்கு அதிகமாக இருப்பது புலப்படும். இந்த அளவுள்ள ($2^{10}$) குரோமோசோம் உண்டாகவேண்டுமானால், சாதாரண செல்லின் டி என் ஏ பத்து முறை பிரதி



படம் 70

இராட்சத குரோமோசோமின் பட்டை அமைப்பு

இவற்றில் பட்டை அமைப்பும், பட்டை இடை அமைப்பும், காணப் படுகின்றன. அடியில் உள்ள குரோமோசோமில் ஒரு பட்டையிலிருந்து வெளிப் பிதுக்கங்கள் உண்டாவதைக் காணலாம்.

யெடுக்க வேண்டும். ஹிஸ்டோன்கள், மற்றுமுள்ள உட்கருப் புரதங்கள் அதிக அளவில் உள்ளன. குரோமோசோம்களின் எண்ணிக்கை வழக்கம் போல் அமைந்து, ஒத்த இணை குரோமோ சோம்களும், ஜீன்களும் ஒழுங்கான அமைப்பைக் கொண்டுள்ளன. ஆனால் ஒவ்வொரு குரோமோசோமிலும் இணையாக அமைந்த பல இழைகள் உள்ளன. எனவே அவை பலகட்டுக் குரோமோசோம்கள் (Polytene chromosomes) என அழைக்கப்படுகின்றன. இத்தகைய குரோமோசோம்கள் பல நூறு மைக்ரான் நீளமாகவும், பலநூறு மைக்ரான் பருமனாகவும் இருக்கின்றன. மற்ற பூச்சிகளின் சாதாரண குரோமோசோம்கள், ஒரு சில மைக்ரான் நீளமாகவும், ஒரு மைக்ரானை விடக் குறைவான பருமனுடனும் இருக்கின்றன. குரேமோசோம்கள் சுருள்களை இழந்து நீட்டமடைந்து, பின்னர் பலமுறை பிளந்தும் சேய்க் குரோமோசோம்கள் பிரிந்து செல்லா மையால், இத்தகைய நிலையைப் பெற்றிருக்கக்கூடும்.

இது போன்ற இராட்சத குரோமோசோம்களை (giant chromo somes) ஆராயும்போது செல்லியல், மரபியல், கருவியல்

படம் 71

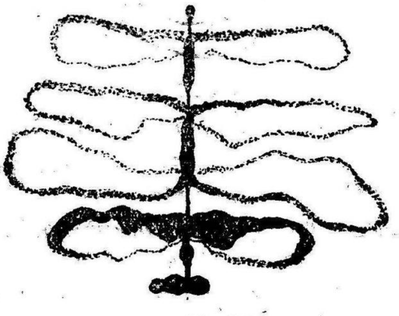
கைரானமசின் இராட்சத குரோமோசோமின் ஒரு பகுதி

உமிழ் நீர் சுரப்பியில் காணும் இக்குரோமோசோம், பெரும் வெளிப் பிதுக்கங்களைக் கொண்டிருப்பதைக் காணலாம்.

விவரங்களைத் தொடர்பிட்டு அறிய முடிகிறது. கைரானோமசில் (chironomus) காணும் பல கட்டுக் குரோமோசோமில் குறுக்காக அமைந்துள்ள பட்டைகளைக் காண முடிகிறது. டி என் ஏ, ஹிஸ்டோன் ஆகியவை குரோமோசோம் முழுவதும் காணப் பட்டாலும், பட்டைகளில் இவை நெருக்கமாக அமைந்துள்ளன. பட்டைகளின் அளவு, தோற்றம், காணுமிடம் ஆகியவை வெவ்வேறு குரோமோசோம்களில் வேறுபடுகின்றன: ஆயினும் ஒத்த குரோமோசோம்களில் இவை ஒரே மாதிரியாக உள்ளன. ஜீன்களும் ஒத்த குரோமோசோம்களில் மட்டும் ஒரே மாதிரியான அமைப்புடன் உள்ளன. பல்வேறு நுட்ப முறைகளைக் கையாண்டு, குரோமோசோம்களின் வரைபடம் தயாரிக்க முடியும்.

சில சமயங்களில் பட்டைகள் சில மாறுதல்களைக் காட்டு கின்றன. இவை வெளி வீக்கங்கள் எனப்படுகின்றன. குரோமோ மியர்கள் சுருள் நீட்டம் (Uncoiling), அடைவதால் இவை உண்டாகின்றன. இவற்றில் ஏராளமான ஆர் என்ஏ அமைந் துள்ளது. வெவ்வேறு சுரப்பிப் பொருட்களை உண்டாக்கும் உமிழ் நீர் சுரப்பி செல்களில் வெளிவீக்கங்கள் மாறுபட்டுள்ளன. வெளி

வீக்கங்கள் சில குறிப்பிட்ட ஜீன்கள் செயல் வேகத்துடன் விளங்கு மிடங்கள் எனக் கருதப்படுகின்றன. உடலின் பிற பகுதிகளில் உண்டாகும் பொருட்கள் வெளிவீக்கங்களின் வகைகளை நிர்ணயிக் கின்றன என்று கருதப்படுகிறது. தோலுரித்தலின்போது (Moulting), முக்கிய பணி செய்யும் எக்டைசோன் (Ecdyson), என்ற ஹார்மோனைச்செலுத்துவதால், சில செயல்கள் நிகழ்கின்றன. இது இளம்உயிரி அல்லது லார்வாவினுள் (Larva), செலுத்தப் பட்டால், வெளிவீக்கங்கள் பிற்காலத்தில் தோன்றுவதைப் போல் உண்டாகின்றன. சாதாரண வளர்ச்சியின் போது இரத்தம் சில பகுதிகளுக்குச் செல்லாமல் தடுத்து விட்டால், அங்கு வெளி வீக்கங்கள் உண்டாவதில்லை. எனவே செல்லுக்குள் நிகழும் குரோமோசோம் மாற்றங்களைப் பிறிதொரு இடத்தில் உண்டாகும் பொருட்கள் கட்டுப்படுத்துகின்றன என்பது புலப் படுகிறது.



படம் 72

விளக்கு பிரஷ் குரோமோசோம்

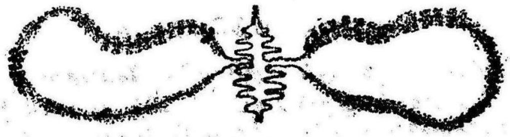
இக்குரோமோசோமின் ஒரு பகுதி பெரிதாக்கிக் காட்டப் பட்டுள்ளது. மைய அச்சிலிருந்து இணை வளையங்கள் தோன்று வதைக் காணலாம்.

## விளக்கு பிரஷ் குரோமோசோம்கள்
## (Lamp brush chromosomes)

மற்றொரு புதுமையான குரோமோசோம், நீர் நில வாழ்வன வற்றின் வளர்நிலை முட்டைகள், மற்றும் சிலவற்றில் காணப் படுகிறது. குன்றல் பகுப்பின் முதல்நிலையின் போது, வளர்நிலை முட்டைகள் ஏராளமான யோக்கைப் (Yolk), பெற்று வேகமாக வளரத் துவங்குகின்றன. இந்நேரத்தில் குரோமோசோம்கள் அநேக பக்க வளையங்களுடன் விளக்கு பிரஷ்ஷைப் போன்றிருப் பதால் இப்பெயர் பெற்றன.

விளக்கு பிரஷ் குரோமோசோம்களின் நுனிகளை சிறு ஊசியால் இழுக்கும் போது, பக்க வளையங்களும் இழுக்கப்படுகின்றன. இதிலிருந்து பக்க வளையங்கள் தனியான அமைப்புகள் இல்லை என்பதும், குரோமோசோம் முழுவதும் தொடர்ச்சியாகச் செல்லும் இழைகளின் சிறப்புப் பகுதிகளே என்பதும் விளங்குகிறது. வளைவுகளில் நிறைய ஆர்என்ஏ அமைந்துள்ளது: ஆர்என்ஏ யேஸ் (RAN ase) நொதியின் உதவியால் ஆர்என்ஏவை அகற்றினல், குரோமோசோம் பாதிக்கப் படுவதில்லை. அதற்கு மாருக டிஎன்ஏ யேஸ் (DNA ase) நொதியைச் செலுத்திஞல், குரோமோசோம் பல துண்டாக உடைபடுகிறது. இதிலிருந்து டிஎன்ஏ குரோமோசோமின் தொடர்ச்சிக்குக் காரணமாக விளங்குவது புலப்படுகிறது.

டிஎன்ஏ எதிர்வினை துரிதமாக நடைபெறுவதிலிருந்து, விளக்கு பிரஷ் குரோமோசோமின் ஒவ்வொரு 'குரோமாடிட்டும் ஒரு டிஎன்ஏ மூலக்கூறு பருமனுள்ளதாக இருக்க வேண்டும் எனத் தெரிகிறது. குரோமாடிட்டின் முழுநீளமும் ஒரு மிக நீண்ட டிஎன்ஏ மூலக் கூற்ருலோ அல்லது நுனிக்கு நுனி இணைந்த பல டிஎன்ஏ மூலக் கூறுகளினுலோ ஆக்கப்பட்டிருக்கும்.



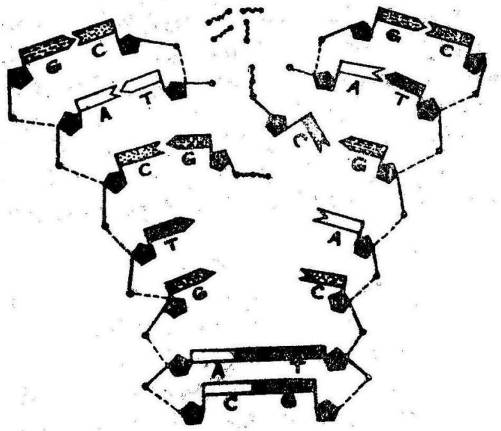
படம் 73

இராட்சத குரோமோசோமின் ஒரு பகுதி

ஒவ்வொரு வளையத்திலும் ஒரு மெல்லிய டிஎன்ஏ-நாரும், அதைச் சூழ்ந்து ரிபோ நியூக்ளியோ புரதப் பொருட்களும் உள்ளன.

விளக்கு பிரஷ் போன்ற வடிவம், ஜீன்கள் ஊக்குவிக்கப்பட்டிருப்பதைக் குறிக்கிறது. ஒவ்வொரு வளையமும் அடிப் பகுதியில் சுருண்டு அமைந்திருக்கும்; ஆனல் வளையப் பகுதியில் சுருள்கள் இருப்பதில்லை. வளையப்பகுதியில் ஏராளமான ஆர்என்ஏ இருக்கிறது; எனவே ஆர்என்ஏ வை உண்டாக்குமிடமாக இவை இருக்கக் கூடும். விளக்கு பிரஷ் குரோமோசோம் இருக்கின்ற நிலையில், வளர்நிலை முட்டையின் உட்கருவில் நூற்றுக்கணக்கான உட்கருமணிகள் உள்ளன. இவை உட்கருச் சவ்வை ஒட்டி அமைந்து கொண்டு, நிறைய ரிபோசோம்களை அல்லது அவற்றின் முன்னோடிகளை சைட்டோப்பிளாசத்துக்கு அனுப்புகின்றன. இவ்வாறு

ஆர்என்ஏ வை உண்டாக்குவதற்கான சாதனங்கள் பல அமைந்திருக்கின்றன. இதே போன்று உட்கருவினுள் டிஎன்ஏ வை அதிகமாகத்தோற்றுவிக்கும் நிகழ்ச்சிகளும் நடக்கின்றன.




படம் 74

டி என் ஏ பிரதியெடுத்தல்

பூச்சிகளின் பலகட்டுக் குரோமோசோம்கள் மாறுநிலை கொண்ட செல்களின் இறுதிக் கட்டங்களில் காணப்படுகின்றன. அவை மிக விரைவில் அழிக்கப்பட்டு விடுகின்றன. அக்குரோமோசோம்கள் வழக்கமான நிலைக்குத் திரும்பி எதிர் முகப் பகுப்புகளில் ஈடுபடுவதில்லை. ஆனால் விளக்கு பிரஷ் குரோமோசோம்களில் இதற்கு மாறான நிலை இருக்கிறது. வளர்நிலை முட்டைகளின் உட்கருக்கள் குன்றல் பகுப்பில் ஈடுபட்ட பின்னர், வழக்கமான நிலைக்கு மீண்டும் வருகின்றன. விளக்கு பிரஷ் குரோமோசோம்களும் சாதாரண குரோமோசோம்களாக மாறுகின்றன.

## தொடர்ந்து படிக்க

1. Du Praw, E.J., D.N.A and Chromosomes, Holt, Rinehart and Winston, New York 1970.

2. Sager, R., Genes outside the Chromosome, Scientific American, Jan 1965.

3. Swanson, C.P., etc., Cytogenetics, Prentice-Hall 1967.

4. Gerald Oster and Arthur Pollister, Physical techniques in Biological Research, Academic Press, New York 1956.

# 17. செல் அசைவு

**(Cellular movement)**

உயிருள்ள செல்கள் அசைவது, நீண்ட நாட்களாகப் பலருடைய கவனத்தைக் கவர்ந்து வந்திருக்கிறது. இத்துறையில் வழிகாட்டியாக விளங்கியவர் ஜேம்ஸ் கிரே (James Gray) என்பவராவர். அவர் விந்தணுக்களின் சாட்டை இழை அசைவதைப் பற்றியும், குறு இழைகளின் அசைவைப் பற்றியும் ஆராய்ச்சிகள் நிகழ்த்தியுள்ளார். இவற்றைத் தொடர்ந்து, காமியா (Kamiya) முதலிய ஜப்பானிய தாவர இயல் வல்லுநர்கள், தாவர செல்களின் சைட்டோபிளாச ஓட்டத்தை ஆராய்ந்தனர். கோல்டுயேக்கர் (Goldacre), ஆலன் (Allen) ஆகியோர் இராட்சத அமீபாக்களில் (Giant amoebae) இடம் பெயர்தலை (locomotion) ஊன்றி அறிந்தனர். இக்காலத்தில் கால இடைவெளியிட்ட முறைகளைக் கையாண்டு பாலூட்டி செல்களின் அசைவு அறியப்பட்டு வருகிறது.

இராபர்ட் பிரவுன் (Robent Brown), மகரந்தப்பொடிகளில் (pollen grains) அசைவை அறிய முற்பட்டார். இவற்றை நீரில் அமிழ்த்தி வைக்கும்போது வேகமான அசைவைக் காட்டுகின்றன. இவற்றின் ஒழுங்கற்ற அசைவுக்கு நீரின் மூலக்கூறுகள் விருப்பம்போல் தாக்குதலே காரணம் எனத்தெரிகிறது. இத்தகைய அசைவுகள் வெப்பநிலையைப் பொருத்து, எல்லாத் திரவங்களிலும் நிகழ்கின்றன. உயிருள்ளவற்றின் உள்ளே நடைபெறும் அசைவுகளுக்கு, ஒருவகையான பிரௌணியன் அசைவு (Brownian movement) காரணமாயிருக்கும் எனக் கருதப்பட்டது. செல்களில் இத்தகைய அசைவுகள் ஓரளவு நடக்கின்றன; இறக்கும் செல்களில் இவை அதிகமாக உள்ளன. ஆனால் உயிருள்ள செல்களில் காணும் அசைவுக்கு இதுமட்டும் காரணமல்ல. வேறு வகையான அசைவுகள் இவற்றில் நடக்கின்றன; இவற்றுக்குத்

தொடர்ந்து வேதியியல் சக்தி அளிக்கப்படவேண்டும். அண்மை யில் நடத்தப்பட்ட மூலக்கூறு ஆய்வுகள், இத்தகைய அசைவு களுக்குச் சில குறிப்பிட்ட பெருமூலக்கூறுகளும், சில நுண் ணுறுப்புகளும் துணை செய்வதாகக் காட்டுகின்றன. எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி இச்செல்களில் நார்கள் அல்லது நுண்குழாய்கள் அமைந்திருப்பதைக் காட்டுகின்றன. அசைவுகளை உண்டாக்கு வதில், இவை முக்கிய பங்கு வகிக்கின்றன.

## சைட்டோபிளாசத்தின் அமைப்பு

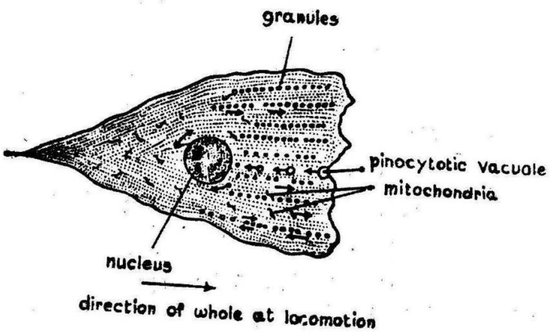
சைட்டோபிளாசத்தின் ஒரு தனிப் பண்பு, சால்-ஜெல் மாற்றம் (Sol-gel transformation) பெறுதலாகும். இச்செயலை அறிய பல நுட்ப முறைகள் கையாளப்பட்டுள்ளன. உட்புறத்தில் காணும் சைட்டோபிளாசம் பிளாஸ்மாசால் (Plasmasol) எனப் படுகிறது. இதனுடைய பாகுநிலை (Viscocity) மற்றதைவிடச்சற்று குறைவாகவும், நீரை விட இரண்டிலிருந்து பத்து மடங்குவரை அதிகமாகவும் காணப்படும். ஆனால் ஜெல் ஓரளவு உறுதித் தன்மை கொண்டது; அதிக அழுத்தம் கொடுக்கும்போது, இது வளைதிறன் கொண்டு பின்னர் உடைந்து விடுகிறது. பிளாஸ்மா ஜெல் (Plasma gel), பிளாஸ்மா சவ்வின் அருகில்காணப்படுகிறது. துகள்களோ மற்ற அமைப்புகளோ இதில் இருப்பதில்லை. அதிக மையவிலக்க முறையைக் கையாண்டு ஜெல்லை திரவ நிலைக்கு மாற்ற முடியும் என்று மார்ஸ்லண்டு (Marsland) குறிப்பிட்டார்.

சைட்டோப் பிளாசத்தில் பகுப்பின் போது நுண் குழாய்கள் தோன்றுகின்றன. சில பகுக்காத செல்களில் இவை காணப் படுகின்றன. சாட்டை இழை, குறு இழை ஆகியவற்றிலும் நுண் குழாய்கள் தென்படுகின்றன. இவைகளில் 40 Å விட்டமுள்ள மூலக்கூறுகள் அமைந்துள்ளன. இவற்றைத் தவிர, ஆக்டின் (Actin) போன்ற கூட்டமைப்புடைய அமினோ அமிலமும் உள்ளது. ஆக்டின் போன்றுள்ள புரதம் அமீபா, பூஞ்சக்காளான், மற்றும் பல செல்களிலும் கண்டெடுக்கப் பட்டுள்ளன.

## சைட்டோப் பிளாசத்தின் அசைவுகள்

சைட்டோப் பிளாசத்தின் அசைவுகளைப் பற்றிய ஆய்வுகள், வெகுவாக அமீபாவில் நிகழ்த்தப்பட்டுள்ளன. ஆனால் இந்த அசைவுகள் நிகழும் போது அமீபாவும் சேர்ந்து நகர்வதால், இவை பற்றிய உண்மைகளைப் புரிந்து கொள்ள இயலவில்லை. தாவர செல்களில் சைட்டோப் பிளாசம் தொடர்ந்து சுழற்சியான பாதைகளில் பாய்வதால், இவற்றைப் புரிந்து கொள்வது எளிதாக இருக்கிறது. நைட்டல்லா (Nitella), கேரா (chara) போன்ற ஆல்

காக்களில் சைட்டோப் பிளாசம் சிறு துகள்களைக் கொண்டிருப்பதால், அசைவுகளை மேலும் தெளிவாகக் காணமுடிகிறது. சில தாவர செல்களில் சைட்டோப்பிளாசம் பல துண்டுகளாக உடைபட்டுக் காணப்படுகிறது. இவை ஒவ்வொன்றும் ஒரு குமிழியைச் சூழ்ந்தமைந்து சுழற்சி அசைவுகளைக் (Cyclosis) காட்டுகின்றன.




படம் 75

நார்ச் செல்லில் காணும் அசைவு

## நார்ச் செல்களின் அசைவு

விலங்கு செல்களில் சைட்டோப் பிளாச அசைவுகளை எளிதாகக் காண்பதற்கு இயலுவதில்லை. பாலூட்டிகளின் செல்கள் சிலவற்றில் அசைவுகளைக் கண்டிருக்கிறார்கள். இவற்றின் நார்ச் செல்கள் (fibroblasts) இதற்குப் பொருத்தமானவை: இவற்றை ஆய்வுக் கூடத்தில் திசு வளர்ப்பு முறையில் (Tissue culture) வளர்க்க முடியும். இச் செல்களின் அசையும் நுனி விசிறி போன்று, விரிந்து காணப்படுகிறது. நுண்ணோக்கியில் காணும் போது இவை கீழ்க்கண்ட அசைவுகளைக் காட்டுகின்றன.

(1) துகள்களின் தனித்தனியான, ஒழுங்கற்ற, பிரௌணியன் அசைவு போன்ற ஓட்டம்.

(2) மைட்டோக்காண்டிரியான் போன்ற நுண்ணுறுப்புகளின் தனித்தியங்க வல்ல (Autonomous), அசைவுகள்.

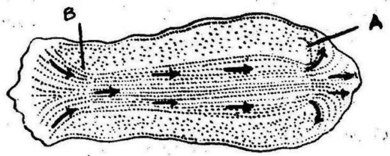
(3) சில நேரங்களில் உட்கரு காட்டும் உருண்ட அசைவு.

(4) சில பகுதிகளில் காணும் சைட்டோப்பிளாசத்தின்

பாய்வுப்போக்கு அசைவு (Streaming movement), இவ் வசைவு இருஇடங்களில் வெவ்வேறு திசைகளில் நடக்கலாம்.

(5) செல்லின் அகன்ற பகுதியில், சூழ்நிலை திரவத்துளி களுடன் குமிழியை அமைத்து உட்கொள்ளும் செல் குடித்தல் அசைவு.

இச்செல்கள் மெல்ல நகரக்கூடியவையாக இருப்பினும், சைட்டோப்பிளாசத்தின் பாய்வுப் போக்கு அசைவினால் இது நிகழ் வதில்லை. இத்தகைய அசைவு சவ்வின் மிக அருகில் நடப்பது குறிக்கத் தக்கதாகும். தாவர செல்களைப் போன்று செயலுக்கான உந்தும் அழுத்தம், பிளாஸ்மா ஜெல்லுக்கும், பிளாஸ்மா சாலுக்கும் இடையில் அமைக்கப் பட்டுள்ளது.




படம் 76

அமீபாவில் அருவிபோன்ற அசைவு

A - பிளாஸ்மா சாலை பிளாஸ்மா ஜெல்லாக மாற்றுமிடம்.

B - பிளாஸ்மா ஜெல்லை பிளாஸ்மா சாலாக மாற்றுமிடம்.

## அமீபாவின் அசைவு

அமீபா நகரும்போது, சைட்டோப்பிளாசம் தொடர்ந்து முன் நோக்கிப் பாய்வதைக் காணலாம். இத்தகைய பாய்வில், சால்-ஜெல் மாற்றம் முக்கிய பங்கு வகிப்பதாக மாஸ்ட்'(Mast), குறிப்பிட்டார். படத்தில் A எனக் குறிப்பிட்ட பகுதியில் மைய பிளாஸ்மா சால், பிளாஸ்மா ஜெல்லாக மாற்றப்படுகிறது; இது பிளாஸ்மா சவ்வின் உட்புறத்தில் ஒட்டிக்கொள்கிறது. பின்னர் B எனக் குறிப்பிட்ட பகுதியில், அது மீண்டும் சாலாக மாறுகிறது. இச்செயலின் உந்தும் அழுத்தம் வால் புறத்தின் B பகுதியில் இருப் பதாகத் தெரிகிறது. சைட்டோப்பிளாசத்தின் புரத மூலக் கூறுகள், ஜெல்பகுதியில் விரிந்த வலை போன்றும், சால் பகுதியில் சுருள்களைக் கொண்ட நெருக்கமான அமைப்பாகவும் இருக் கின்றன. செயல் வேகம் நிறைந்த வால் பகுதியில் ஏடிபி ஜெல்லை சுருக்கமடையச் செய்து சாலாக மாற்றுகிறது. கோல்டு யேக்கர்

இக்கொள்கையை வகுத்து, இதற்கான ஆதாரங்களையும் தந்திருக்கிறார்.

ஆலன் என்பவர் கருத்துப்படி, அசைவுக்கான ஆக்க சக்தி A பகுதியில் அமைந்திருக்கிறது. இக்கொள்கை, ஊற்றுப் பிரதேசக் கொள்கை (Fountain zone theory) என அழைக்கப் படுகிறது. இதன்படி பிளாஸ்மாசால் பகுதியில் காணும் புரத மூலக்கூறுகள் விரிவடைந்தவை. இவை ஊற்றுப் பிரதேசத்தில், வேகமாகத் தொகுக்கப்பட்டு பிளாஸ்மா ஜெல்லாக மாறுகின்றன. இச் செயலின் விளைவாக சைட்டோப்பிளாசம் முன்நோக்கி இழுக்கப் படுகிறது. ஆலன், ஓர் ஒடுங்கிய குழாயில் அமீபாவை விட்டு, அதன் வால்புறத்தைப் பிளந்து விட்டார். அதன் பின்னரும் சிறிது நேரம் சைட்டோப்பிளாசம் தொடர்ந்து முன் நோக்கிப் பாய்ந்து கொண்டிருந்தது. இதற்கு ஊற்றுப் பிரதேசத்தில் உள்ள ஆக்க சக்தி தொடர்ந்து செயலாற்றுதலே காரணம் என்று ஆலன் தெரிவித்தார்.

இயற்கையான சூழ்நிலைகளில் அமீபா குளத்தின் திடப் பரப்பின் மீது அமைந்து, சைட்டோப்பிளாச அசைவுகளை உண் டாக்குவதால் அது நகர முடிகிறது. இதேபோன்று மற்ற செல் களும் செல்பரப்பு திடப்பொருளின் மீது தொடுவதன் விளைவாக நகர்கின்றன.

## தொடர்ந்து படிக்க


1. Allen, R.D., Amoeboid Movement, Scientific American, Feb 1962.

2. Hayashi, T., How Cells move, Scientific American, Sep 1961.

3. Balinsky, B.I., An introduction to Embryology, Saunders, Philadelphia 1963.

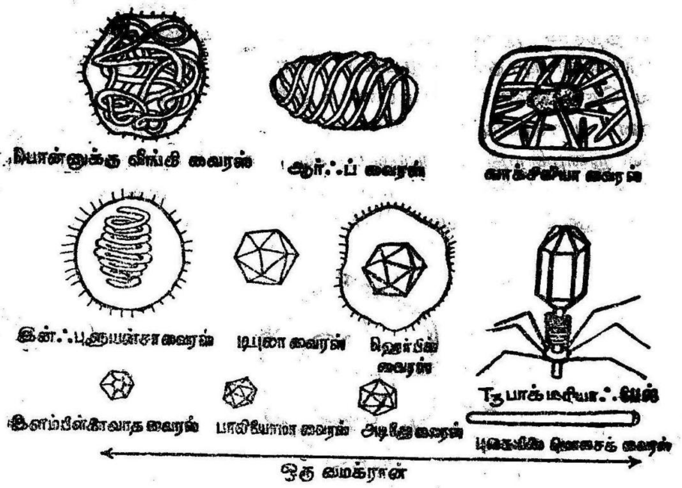
4. Allen, R.D. and Kamiya, N., Primitive mobile systems in Cell Biology, Academic Press, New York 1961.

5. Gray, J., Ciliary movement, Cambridge University Press, London, 1928.

# 18. வைரஸ்கள்

**(Viruses)**

வைரஸ்கள் மற்ற செல்களைப் போன்று எவ்விதமான நுண்ணுறுப்புகளையும் பெற்றிருக்கவில்லை. உண்மையில் அவைகளில் வளர்சிதை மாற்ற நிகழ்ச்சிகளே நடைபெறுவதில்லை எனலாம். பல்வகையான சிறப்புத் தன்மைகளை இவை பெற்றுக் காணப் படுகின்றன. தங்களைப் பிரதியெடுப்பதற்காக மற்ற உயிரினங்களின் உள்ளே செல்லும் ஆற்றலை இவை பெற்றிருக்கின்றன. உள்ளே சென்றவுடன் செல்களின் டிஎன்ஏ வை அகற்றிவிட்டு, அதற்கு பதிலாகத் தங்களது உட்கரு அமிலத்தை அமைத்து, செல்களின் வளர்சிதை மாற்றச் செயல்களையேஇவை திருத்தி அமைக்கின்றன. பல்வேறு வைரஸ்கள், பாக்டீரியாவிலிருந்து மனிதனின் செல்கள் வரை எல்லாவற்றையும் தாக்குகின்றன. விளைவுகள் கடுமையாக இருக்கும்போது, ஊட்டுயிரி (host) செல்கள் தங்கள் சாதாரண நடைமுறை அலுவல்களை விட்டு விடுகின்றன. பின்னர் வைரஸ் களின் சந்ததி பெருக வசதிகளனைத்தும் செய்து தருகின்றன. இறுதியில் ஏராளமான வைரஸ்கள் மற்ற செல்களைத் தாக்கும் போது ஊட்டுயிரி மடிய நேரிடுகிறது. சிலர் வைரஸ்களை எளிய உயிரினங்களாகக் கருதுகிறார்கள். ஆனால் இனப்பெருக்கத்துக்காக மற்ற செல்களை இவை நம்பி வாழ்வதை ஆராயும் போது, இவை செல்லுயிரிகளுக்கு மூதாதையராக இருந்திருக்க முடியாது. எனவே செல்லுயிரிகள் தோன்றிய காலத்திலோ, அதைத் தொடர்ந்தோ ஒரு வகை ஒட்டுண்ணிகளாக இவை பரிணமித்திருக்க க்கூடும். ஒரு காலத்தில் தனித்தியங்கிய அமைப்புகளிலிருந்து தோன்றிய தேய்ந்த அமைப்புகளாகச் சில இருக்கக் கூடும்.




படம் 77

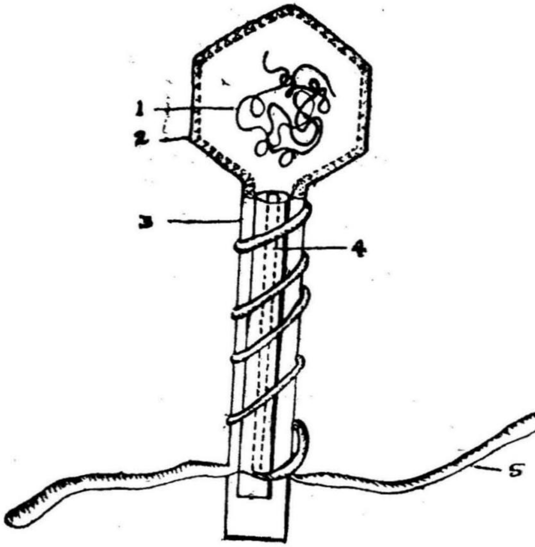
வைரஸ்களின் வகைகள்

## அமைப்பு

இதுவரை பல்வேறு வகையான வைரஸ்கள் கண்டுபிடிக்கப் பட்டுள்ளன. பெரும்பான்மையானவை, மிகச்சிறிய ரிபோசோம் அளவேயான தோற்றத்தைப் பெற்றுள்ளன. மிகப் பெரிய வைரஸின் அளவுகள் $0.1—0.3\mu$ வரை இருக்கின்றன. வைரஸ்கள் நடுப்பகுதியில் ஓர் உட்கரு அமிலத்தைக் (டிஎன்ஏ அல்லது ஆர்என்ஏ) கொண்டுள்ளன, அதைச் சூழ்ந்து ஒன்றிலிருந்து பல்லாயிரக்கணக்கான புரத மூலக் கூறுகளாலான போர்வை காணப் படுகிறது. மேலும் சிக்கலான அமைப்புக் கொண்ட வைரஸ்களில் சிறிதளவு கொழுப்பு, பாலிசாக்கரைடு ஆகியவையும் உள்ளன. இளம் பிள்ளை வாத வைரஸ் (Polio virus), இன்ஃபுளுயன்சா ஏ வகை வைரஸ் (A type Influenza Virus) போன்றவை ஆர் என் ஏ வைரஸ்கள் (RNA Viruses) என அழைக்கப்படுகின்றன. உயிர் மண்டலங்களில் இவைகளில் மட்டுமே டிஎன்ஏ வுக்கு பதிலாக ஆர்என்ஏ மரபியல் பொருளாகச் செயலாற்றுகிறது. பெரும் பாலும் ஆர்என்ஏ வழக்கமான ஒற்றை இழை அமைப்புடன் காணப்படுகிறது. ஆனால் சிலவற்றில் ஆர்என்ஏ இரட்டை இழை அமைப்பைப் பெற்று, தோற்றத்திலும் பண்புகளிலும் டிஎன்ஏ வை ஒத்திருக்கிறது.

செல்களுக்கு வெளியே வாழும்போது உட்கரு அமிலத்தைப் பாதுகாப்பதற்காக புரதப்போர்வை பயன்படுகிறது. செல்

களுக்குள் நுழைவதற்கு முன்னர், செல் பரப்பில் வைரஸை ஒட்ட வைப்பதற்கும் இந்தப் புரதப் போர்வை பயன்படுகிறது. சில வைரஸ்களின் புரதமேற்பரப்பில், நொதிகள் காணப்படுகின்றன. இவை செல்களின் மேற்பரப்பைத் துளைத்துச் செல்ல வழி வகுக்கின்றன. பாக்டீரியா வைரஸ்களில் உட்கரு அமிலம் மட்டும் உள்ளே நுழைகிறது. விலங்குவைரஸ்கள் உள்ளே நுழைவதற்கான சாதனங்கள் பற்றியும், போர்வை அகற்றப்படும் முறை குறித்தும் நன்கு புரிந்து கொள்ளப்படவில்லை.




படம் 78

பாக்டீரியோபேஜ்

*1.* டிஎன்ஏ (தலைப்பகுதியினுள்); *2.* புரதப்போர்வை; *3,* வால் பகுதி; *4.* மைய உருளை; *5.* வால்புற நார்கள்.

மிக எளிய வைரஸ்களில், புரதப் போர்வை பல புரத அலகு களால் ஆக்கப்பட்டுள்ளது. ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட வகையைச்சேர்ந்தஇவை, உட்கருஅமிலத்தைச் சூழ்ந்து ஒழுங்காக அமைக்கப்பட்டுள்ளன. பல சிறு வைரஸ்களில், புரதத் துணை அலகுகள் உட்கரு அமிலப் பகுதியைச் சூழ்ந்து கொண்டு பாலி ஹெட்ரானை (Poly hedron) அமைக்கின்றன. புகையிலை மொசைக் வைரசில் (Tobacco mosaic Virus) ஆர்என்ஏ நீண்டமைந்த சுருளாகவும், அதைச் சூழ்ந்து புரத அலகுகள் திருகு அமைப்பாகவும்

காணப்படுகின்றன. மொத்த அமைப்பு, ஒரு நீண்ட குச்சி போல் தோன்றுகிறது. மேலும் சில வைரஸ்களில், பல வகையான புரதங்களுடன் சிக்கலான அமைப்பு இருக்கிறது. இதற்கு எடுத்துக் காட்டாக, பாக்டீரியாவைத் தாக்குகின்ற $T_4$ வகையைச் சேர்ந்த பாக்டீரியோஃபேஜைக் (Bacteriophage) குறிப்பிடலாம். இதில் டிஎன்ஏ வையும், சூழ்ந்துள்ள புரதங்களையும் கொண்ட தலைப்பகுதி உள்ளது. மேலும் இதன் வால் பகுதியில், பல் வேறு வகையான புரதங்களும், நார்களின் கூட்டமும் காணப்படுகின்றன. இதன் வால் உடலைச் செல் பகுதியுடன் இணைக்க உதவுகிறது. வாலில் சுரக்கப்படும் நொதிகள், பாக்டீரியாவின் பரபபைக் கரைத்து விடுகின்றன. டிஎன்ஏ வால் மூலமாக நுழைந்து சென்று பாக்டீரியாவின் உள்ளே புகுந்து விடுகிறது. வால் சுருக்கமடைவது, டிஎன்ஏ செல்லுக்குள் நுழைவதை மேலும் எளிதாக்குகிறது.

விலங்கு வைரஸ்கள். செல் பரப்பில் ஒட்டிக் கொள்வதன் மூலம் உள்ளே நுழைகின்ற. சில வைரஸ்கள். செல் விழுக்கம் செல் குடித்தல் முறைகளினுல் உள்ளே புகுகின்றன. இத்தகைய வைரஸ்களில் புரதப் போர்வையை அகற்றும்செய்கை செல்லுக்குள் நடைபெறுகிறது. வைரஸ்கள் செல் பரப்பில் ஒட்டிக் கொள்ள சில செல் பரப்பு அமைப்புகள் உதவி புரிகின்றன. இதன் பின்னர் இவை உள்ளே புகுதலைப் பற்றிய விளக்கம் இதுவரை தெளிவாக்கப் படவில்லை.

வைரஸ்கள் செல்களை விட்டு வெளியேறுவதற்கு அச் செல்களின் மரணமோ, செல்கள் கிழிபடுதலோ காரணமாகின்றன. சில செல்களில் அழிக்கும் செயல் வேகமாக நடைபெறுவதில்லை. அவற்றில் வைரஸ்களைக் கொண்டமொட்டுப்போன்ற அமைப்புகள் செல் பரப்பில் துண்டிக்கப்பட்டு வெளியேறுகின்றன. வைரஸ்கள் அம் மொட்டிலேயே தங்கியிருக்கின்றன. போர்வையை இழந்த இந்த வைரஸ்களுக்கு அம் மொட்டின் சவ்வும், தொடர்பான பகுதிகளும் போர்வையாக அமைவதாக நம்பப்படுகிறது. இருப்பினும் சிலவற்றின் போர்வையில் காணப்படும் புரதங்களும், மற்றவையும் வைரசின் ஜீனோம்களின் (Genome) தலையீடு காரணமாக உண்டாக்கப்பட்டவை போல் தோன்றுகின்றன.

## ஊட்டுயிரி மீதான விளைவுகள்
## (Effects on host)

செல்லுக்குள் வெவ்வேறு இடங்களில், பல்வேறு வைரஸ்கள் நெருக்கமாகக் காணப்படுகின்றன. சில உட்கருவிலும். மற்றும்

சில உள்தாது வலையிலும், இன்னும் சில சைட்டோப்பிளாசத்தின் பிற பகுதிகளிலும் காணப்படுகின்றன. செல்களைக் காக்கும் சாதனங்களை இவை எவ்வாறோ கடந்து சென்று விடுகின்றன. சில பாக்டீரியோஃபேஜ்களின் டிஎன்ஏ, மிகச் சிக்கலாகவும் சில வற்றில் குளுக்கோஸ் மூலக்கூறு இணையப் பெற்றும் உள்ளன. இதனை ஊட்டுயிரியான பாக்டீரியா பாதிக்க முடிவதில்லை. வைரஸ்கள், செல்களின் வளர்சிதை மாற்றத்தையும் வெகுவாக மாற்றி விடுகின்றன. இளம் பிள்ளைவாத, இன்ஃபுளுயன்சா, வைரஸ்கள் இதனால் மரணத்தையும் உண்டாக்குகின்றன.

சில செல்களில் புதிய வைரஸ்களை உண்டாக்குவதற்கான செயலில் அவற்றின் டிஎன்ஏ ஈடுபடுத்தப்படுகிறது. ஓர் இழை ஆர்என்ஏவைக் கொண்டுள்ள வைரஸ்கள், இரட்டை இழையுள்ள. பிரதியெடுக்கும் தன்மையுள்ள ஆர்என்ஏவை உண்டாக்குகின்றன. முதலில் வைரஸ்கள் தங்களின் ஒத்த பிரதியை உண்டாக்கு கின்றன. பின்னர் இதனைப் பயன்படுத்தி, புதிய ஆர்என்ஏக்களை அமைக்கின்றன. வைரஸால் பாதிக்கப்பட்ட செல்கள், வைரஸ் பகுதிகளை ஆக்குவதற்கான புதிய நொதிகளைச் சேர்க்கின்றன. எடுத்துக்காட்டாக, சாதாரண செல்களில், (டிஎன்ஏவுக்கு-பதிலாக) ஆர்என்ஏ வார்ப்புகளிலிருந்து ஆரஎன்ஏவைச் சேர்க்கை செய்யும் நொதிகள் இருப்பதில்லை. ஆனால் பாதிக்கப்பட்ட செல் களில், இவை உள்ளன. வைரஸின் உட்கரு அமிலம், இந்த நொதிகளையும்; போர்வைப் புரதங்களையும் உண்டாக்குவதற் கான ஆணைகளைப் பிறப்பிக்கிறது. ஊட்டுயிரின் ரிபோசோம்களும், மற்ற பகுதிகளும் இவற்றின் சேர்க்கையில் ஈடுபடுகின்றன.

மற்றும் பலவகைச் செல்களில், வைரஸ்கள் இத்தகைய விளைவுகளை உண்டாக்குவதில்லை. அவை செல்லுக்குள் நுழைந்து, செல்லுடன் சக வாழ்வு நடத்தி, நீண்டகாலம் இனப்பெருக்கம் செய்கின்றன. இத்தகைய வைரஸ்களில் குறிப்பிடத் தக்கவை, சில பாக்டீரியாக்களில் உள்ளன. இவை பாக்டீரியாவின் டிஎன்ஏவுடன் நெருக்கமான உறவு கொள்கின்றன; இவை குரோமோசோம்களின் ஒரு பகுதி போன்று பணியாற்றுகின்றன. வைரஸ், பாக்டீரியா ஆகிய இரண்டின் டிஎன்ஏவும் ஒரே சமயத்தில் பிரதியெடுக்கின்றன, சில சமயங்களில் இந்த உறவு முறிய நேரிடுகிறது. அப்போது வைரஸ்கள் வீறு பெற்று ஊட்டுயிரின் செல்களைவிட வேகமாகப் பகுக்கத் துவங்குகின்றன. இறுதியாக செல்லையே கொன்று விடுகின்றன, உயர்தர விலங்கு களின் சில நோய்கள். செயலற்றுக் காணும் வைரஸ்கள் வீறு பெறுவதால்தான் ஏற்படுகின்றன என்று கருதப்படுகின்றது.

## வைரஸ்களும் கான்சரும்
## (Viruses and cancer)

கோழிகளில் வாழும் ஒரு வகையான வைரஸ், கட்டிகளை உண்டாக்குவதாக ரூஸ் (Rous *1910*) குறிப்பிட்டார், இது ஆர்என்ஏ வைரஸான ரூஸ் சார்கோமா வைரஸ் (Rous Sarcoma Virus) என்பதாகும். சமீபத்தில் மேலும் சில வைரஸ்கள், சுண்டெலி போன்ற பாலூட்டிகளில் கட்டிகள் உண்டாக்குவதாகக் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளது. கடந்த இருபது ஆண்டுகளாக, கட்டிகள் உண்டாக்கும் வைரஸ்கள், குறிப்பாக பாலியோமா (Polyoma) வைரஸ்கள் ஆராயப்பட்டுள்ளன. இந்த வைரஸ்கள் சாதாரண செல்களைக் கான்சர் நிலைக்கு மாற்றிவிடுகின்றன. இத்தகைய மாறுதலைத் தொடர்ந்து, பாதிக்கப்பட்ட செல்களின் டிஎன்ஏ மாற்றமடைந்து பெரும் பிணிக்கோளாறுகளை உண்டாக்குகின்றன, செல்பரப்பின் பண்புகளும், நடத்தைகளும் கூட இதனால் மாறுபடுகின்றன. இறுதியாக, மாற்றமடைந்த செல்கள் கட்டுப்பாட்டுக் கேந்திரங்களுக்குக் கீழ்ப்படியாமல், வேகமாகப் பகுக்கத் துவங்குகின்றன. இதன் விளைவாகக் கட்டிகள் உண்டாகின்றன.

வைரஸ்கள் மனிதக் கட்டிகளிலிருந்தும் கண்டெடுக்கப்பட்டுள்ளன, எனினும் மனிதனுக்கு ஏற்படும் கான்சர் ஒரு வைரஸினால்தான் உண்டாக்கப்படுகிறது என்பதற்குத் திட்டமான ஆதாரங்கள் தரப்படவில்லை.

## வைரஸ்களும் செல் கலப்புயிரி அமைத்தலும்
## (Viruses and cell hybridization)

செல்களின் அலுவல்கள் பலவற்றைப் புரிந்துகொள்ள வைரஸ்கள் பயன்படுகின்றன. குறிப்பாக மரபியல் சேதிகளை உட்கருவிலிருந்து சைட்டோப்பிளாசத்துக்குக் கொண்டு செல்வது பற்றியும், ஆர்என்ஏ சேர்க்கை கட்டுப்படுத்தப்படுவது குறித்தும் அறிய முடிகிறது. பத்தொன்பதாம் நூற்றாண்டில், பல் உட்கருச் செல்கள், (Multi nucleated cells) புண்களில் இருப்பதைக் கண்டனர். மேலும் சமீபத்தில் சில வைரஸ் புண்களிலும் இவற்றைக் கண்டெடுத்துள்ளனர். எனவே வைரஸ் பாதிப்பதன்காரணமாக, இரு செல்கள் இணைந்து பல் உட்கரு நிலையை அமைக்க முடியும் என்று உணரப்பட்டது.

ஹாரிசும், அவரது குழுவினரும் (Harris and his collaborators, *1965)* அல்ட்ரா வயலட் கதிர்வீச்சத்தினால் ஒரு விலங்கு

வைரசைச் செயலற்றதாக மாற்றினர். பின்னர் இதனைப் பயன் படுத்தி இரு வேறு இனங்களைச் சேர்ந்த செல்களை இணையச்செய்து ஒரு செயற்கைக் கலப்புயிரியை (Hybrid), உண்டாக்கினர். செண்டாய் வைரஸ் (Sendai virus), மிகத்துரிதமாக விலங்கு செல் களை இணைக்க வல்லது. இணைப்பில் முதல்நிலை, இரு செல்கள் சேருமிடத்தில் சைட்டோப்பிளாசப் பாலங்களை உண்டாக்கு தலாகும். இந்தப் பாலங்கள் எண்ணிக்கையில் அதிகரித்து, இறுதியில் இரண்டின் சைட்டோப்பிளாசங்களும் ஒன்று பட்டு விடு கின்றன. இவ்வாறு பல்வேறு செல்களைப் பயன்படுத்தி, கலப் புயிரிகள் உண்டாக்கப்பட்டுள்ளன.

வைரஸ்கள் மிக எளிய அமைப்புக் கொண்ட உயிரிகள் ஆகும். அவைகளின் எளிய கூட்டமைப்பும், அமைப்பையும் ஆராய்வதன் வாயிலாக, சிக்கல் வாய்ந்த விலங்கு தாவர செல்களின் அமைப்பு முறை, பணிகள், எதிர்வினைகள் ஆகியவற்றைப் புரிந்து கொள்ள முடிகிறது.

## தொடர்ந்து படிக்க

1. Adams, M.H., The Bacteriophages, Interscience, New York 1959.

2. Burnet, F.M., Principles of Animal Virology, Academic Press, New York 1955.

3. Wright, G,H., An introduction to Pathology, Longman Green, New York 1950.

4. Dulbecco, R., The induction of Cancer by Viruses,

# 19. வளர்ந்து வரும் செல் உயிரியல்

நுண்ணோக்கி கண்டுபிடிக்கப்பட்ட நாள் தொட்டு செல்களின் அமைப்பையும் வேலைகளையும் அறிய மனிதன் ஆர்வம் காட்டி வந்திருக்கிறான். லீவன்ஹூக், தம்முடைய எளிய நுண்ணோக்கியில் வர்ட்டி செல்லா (Vorticella) வின் குறு இழைகள் அசைவதையும், உணவு கொள் முறையையும் கண்டு வியந்து போனார்; அவ்விவரங்களை அவர் சுவைபடத் தொகுத்துக் கூறியுள்ளார். அவரைத் தொடர்ந்து மேலும் பல ஆய்வுகளுக்குப் பின்னர், 'செல் கொள்கை' உருப்பெற்றது. இத்தகைய ஆய்வுகளின் முடிவுகளையும், அக்காலத்தில்புதுமையாகவிளங்கிய மரபியலில்குரோமோசோம்கள் வகிக்கும் பங்கு பற்றிய கோட்பாடுகளையும் வில்சன் (Wilson) என்பார், நாற்பதாண்டு காலத்துக்கு முன்னர் ஓர் அரிய நூல் வடிவில் தொகுத்துத் தந்தார். இந்நூலில் செல்லின் அங்கங்களைப்பற்றியும், மாறுபாடுகளைப் பற்றியும் விளக்கிக் கூறப்பட்டுள்ளது. ஆனால் அக்காலத்தில் உயிர் வேதியியல் முறைகளைக் கையாண்டு, செல்களின் வேலைகளை அறிய வாய்ப்பு இல்லை.

கடந்த இருபது ஆண்டு காலமாக, பல நுணுக்கமான முறைகள் இத்துறையில் கையாளப்பட்டு வருகின்றன. எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி, செல்களின் அமைப்பை மூலக்கூறு வரை அறிவதற்கு வகை செய்துள்ளது. உயிர்வேதியில் வல்லுநர்கள் பல்வேறு பகுதிகளையும் கூறுபடுத்தி அறிந்து, அவற்றின் வளர்சிதை மாற்றச் செயல்களைக் குறித்து விளக்கங்கள் தந்துள்ளார்கள். செல்லியலும், உயிர்வேதியியலும் நெருங்கி வளர்ந்ததன் பயனாக, இக்காலச் செல்லியல் செல் உயிர் வேதியியல் என அழைக்கப்படுகிறது.

செல் உயிரியலின் அண்மைக்கால வளர்ச்சிக்கு எடுத்துக் காட்டாக, உட்கருமணி பற்றிய ஆய்வுகளின் வரலாற்றினைக்

குறிப்பிடலாம். துவக்கத்தில் உட்கருமணிகள் எல்லாச் செல்களிலும் இருப்பதாக நம்பினார்கள். பின்னர் புரதச்சேர்க்கை செய்யும் செல்களில் இவை நன்கு வளர்ந்திருப்பதைக் கண்டார்கள். இதன் பிறகு உட்கருமணியின் ஆர்என்ஏவுக்கும் சைட்டோப்பிளாசத்தின் ஆர்என்ஏவுக்கும் தொடர்பு இருப்பதை உணர்ந்தார்கள். ரிபோசோம்களின் துணை அலகுகளான ஆர்என்ஏக்களையும், உட்கருமணி உண்டாக்குவதாக உயிர் வேதியல் ஆராய்ச்சியாளர்கள் தெரிவித்தனர்.

உட்கருமணிக்குத் தன் இனப்பெருக்கத்திற்கான திறன் இருப்பதாகத் தெரியவில்லை. செல் பகுப்பின்போது இவை மறைந்து வருகின்றன. பின்னர் இடைநிலையின்போதும் செல்பகுப்பின் துவக்கநிலைகளிலும் உட்கருமணி சிறப்புக் குரோமாடினேடு தொடர்பு கொண்டிருக்கிறது. பெரும்பான்மையானவற்றில், உட்கருமணி குரோமோசோமின் குறிப்பிட்ட பகுதிகளில் தோன்றுவதைக் காணலாம். இப்பகுதிகளில் ஏராளமான ஆர்என்ஏ, சேர்க்கைக்கான மரபியல் சேதிகள் தொக்கி அமைக்கப்பட்டுள்ளன.

உட்கருமணி, உட்கருமணி தோற்றுவிக்கும் பகுதிகள் ஆகியவற்றின் அமைப்புகள் நன்கு உணரப்படவில்லை. எடுத்துக்காட்டாக ரிபோசோம் ஆர்என்ஏவின் முன்னேடி மூலக் கூறுகள், அமைக்கப்படும் விதம் குறித்து விவரம் கிடைக்கவில்லை. ரிபோசோம் புரதங்களின் மூலாதாரப் பொருட்கள், ரிபோசோம் ஆர்என்ஏவுடன் இணைவதற்கான சாதனங்கள், ரிபோசோம்கள் அவற்றின் துணை அலகுகளிலிருந்து உண்டாதல், உட்கருமணியின் பல்வேறு பகுதிகளில் உண்மை நிலை, ரிபோசோம் ஆர்என்ஏ உண்டாதலைக் கட்டுப்படுத்தும் சாதனம் ஆகிய பிரச்சினைகளுக்கு இதுவரை விடை கிடைக்கவில்லை. இக்காலத்தில் பல் வேறு வகையான சாதனங்களும் நுணுக்க முறைகளும் இருப்பதால், இவைகளுக்கெல்லாம் விரைவில் விடை கிடைக்குமென நம்பலாம்.

அண்மைக்காலத்தில் மூலக்கூறு உயிரியல் (Molecular biology), போதுமான அளவு வளர்ச்சி பெற்று விட்டது. அதன் விளைவாகத் தாவர, விலங்கு செல்களின் முழுமையான அமைப்பும், அவற்றின் சிக்கலான வேலைகளும் நன்கு அறியப்பட்டுள்ளன. பாக்டீரியாக்கள் சூழ்நிலைக் கொப்ப சில ஜீன்களை ஒடுக்கவும், வளர்க்கவும் ஆற்றல் பெற்றுள்ளன. இதற்கான மூலக்கூறு சாதனங்களை அறிந்து, இவற்றைக் கொண்டு எவ்வாறு கருவளர்ச்சியின்போது

செல்வேறுபாடுகள் தோன்றுகின்றன என்பதை இனி அறிய வேண்டும்.

செல் நுண்ணுறுப்புகள் மூலக்கூறுகளின் கூட்டமைப்பினுல் ஆனவை. எனினும் இம் மூலக்கூறுகளின் ஒருங்கிணைப்பு மிக உயர்ந்த நிலையை எட்டியுள்ளது. மைட்டோக் காண்டிரியான் நொதிகளைக் கொண்ட ஓர் எளிய பை இல்லை. இது சிக்கலான ஒழுங்கமைப்பைப் பெற்று பாஸ்ஃபாரிலேஷன், ஆக்சிகரணம் ஆகியவற்றை இணைக்கவும் எலெக்ட்ரான்களைக் கடத்தவும். பல ஒருங்கிணைப்பு வேலைகளைச் செய்யவும் உதவுகிறது. அதைப் போன்றே உட்கருவின் டி என் ஏ ஒரு வெற்று வார்ப்பமைப்பு இல்லை. இது ஒரு குரோமோசோமின் பகுதியாக அமைந்து, பிற குரோமோசோம்களுடன் சிக்கலான எதிர்வினைகளில் ஈடுபடுகிறது.

செல்களின் அலுவல்களை மூலக்கூறு அடிப்படையாக விளக்கும் போது வியப்பு மேலிடுகிறது. அவற்றின் ஒருங்கிணைப்பும் தொடர்ந்து நடக்கும் செய்கைகளும் ஒரு நாடகத்தைக் காண்பது போன்ற பிரமிப்பை ஊட்டுகின்றன. பல ஆண்டுகளாக இதயம் தொடர்ந்து சுருங்கி விரிவதும், தொல்லுயிரி தன் ஒற்றைச் செல்லால் எல்லா வாழ்வின் அலுவல்களையும் செய்து முடிப்பதும் செல்கள் வேலைகளுக்கேற்பத் தங்களை வகை செய்து கொள்வதாலேயே எனலாம்.

உயிரியல் இப்போது ஒரு புரட்சிகரமான காலத்தைக் கடந்து சென்று கொண்டிருக்கிறது. பத்தாண்டுகட்கு முன்னர் நினைத்தும் பார்க்க முடியாத சில பரிசோதனைகள். இப்போது மிகச்சாதாரண மாக எண்ணப்படுகின்றன. இன்னும் நாற்பதாண்டுக் காலத்தில், செல் பகுதிகளின் பண்புகள் எலெக்ட்ரான்கள், அணு உட்கருக்கள் போன்றவற்றுல் விளக்கப்படலாம். ஏற்கெனவே எலெக்ட்ரான் கடத்துகை, மைட்டோக் காண்டிரியான் குளோரோ பிளாஸ்ட் ஆகியவற்றில் அறியப்பட்டுள்ளன. செல்களைப் பற்றிய கருத்துக்கள் மாறிக் கொண்டே வருகின்றன. செல் உயிரியலின் பழைய பிரச்சினைகளுக்கு விடை தேட முயன்று கொண்டிருக்கும்போது, புதிய பிரச்சினைகள் தோன்றிக் கொண்டே இருக்கின்றன.

# கலைச் சொற்கள்

## (ஆங்கிலம்--தமிழ்)

### A

| | |
|---|---|
| Acetocarmine | — அசிட்டோ கார்மைன் (ஒரு வகைச் சாயம்) |
| Acid hydrolases | — அமில ஹைட்ராலேஸ்கள் |
| Acidic dyes | — அமிலச் சாயங்கள் |
| Aconitate | — அகானிடேட் |
| Acrocentric | — நுனிமைய |
| Acrylic monomers | — அக்ரிலிக் மானுமர்கள் |
| Active transport | — விரைவு கடத்துகை செயல் வேகமுள்ள கடத்துகை |
| Adenine | — அடினைன் (ஒரு வகை நைட்ரஜன் ஆதார அமைப்பு) |
| ADP | — அடினேசின் டைபாஸ்ஃபேட் |
| Adrenochrome | — அட்ரினே குரோம் |
| Agregata | — அக்ரிகேட்டா (ஒரு வகை தொல்லுயிரி) |
| Albumin | — ஆல்புமின்; முட்டை 'வெண்கரு' |
| Amino acid | — அமினே அமிலம் |
| Amino group | — அமினே குழு |
| Amoeboid movement | — அமீபா அசைவு |
| Amphibia | — நீர்நில வாழ்வன |
| Amphoteric | — ஆம்ஃபோடெரிக்; இருவகைத் தன்மையுள்ள |
| Analyser | — கூறுபடுத்தி |
| Anaphase | — முன்கடைநிலை |
| Annuli | — வளையங்கள் |
| Annular phase plate | — வளைவுகொண்ட ஒளிநிலைத் தகடு |
| Antibodies | — எதிர்ப் பொருட்கள் |
| Antigen | — எதிர்த்தோன்றி |
| Arbacia punctulata | — அரபேசியா பங்க்டுலேடா ஒருவகை கடல் அர்ச்சின் |

Aromatic Compounds — அரோமாடிக் கூட்டுப் பொருட்கள்
Ascaris megalo cephala — ஆஸ்காரிஸ் மெகலோசெஃபலா
Astral body — குதிரை நாக்குப் பூச்சி
Astral rays — நட்சத்திர அமைப்பு
Asymmetry — நட்சத்திரக் கதிர்கள்
ATP — ஒழுங்கற்ற சமச்சீர், சமசீரின்மை
Autonomous — அடினேசின் டிரை பாஸ்ஃபேட்
Autophagy — தனித்தியங்கவல்ல
Autophagic Vacuole — தன்னைத்தானுண்ணல்
Autosome — தன்னைத்தானுண்ணும் குமிழி
Auxo chromic group — ஆட்டோசோம்.
Axoplasm — ஆக்சோகுரோமிக் குழு
Azo — ஆக்சோப்பிளாசம்
ஆசோ

## B

Bacteria — பாக்டீரியா
Bacteriophage — பாக்டீரியோபேஜ்
Basic dyes — உப்பு மூலச் சாயங்கள்
Basic protein — அடிப்படைப் புரதம்
Basophilic — உப்பு மூல விரும்பிகளான
B cisterol — B சிஸ்டரால்
Biochemistry — உயிர் வேதியியல்
Birefringent — இரட்டை ஒளிமுறிவு உடைய
Bivalents — இரட்டைத் தொகுப்புகள்
Bone marrow — எலும்பு மச்சை
Bouin's solution — போயின் கரைசல்
Brownian movement — பிரவுனியன் அசைவு
Bulk Transport — மொத்தமாகக் கடத்துகை
Buoyancy — மிதக்கும் தன்மை

## C

Canaliculi — இணைநுண் கால்வாய்கள்
Cancer — கான்சர்
Carbohydrate — மாவுப் பொருள்
Carnoy's solution — கார்னுயி கரைசல்
Carotenoids — கரோடினுய்டுகள்
Cartilage — குருத்தெலும்பு

Catalyst — செயல்ஊக்கி
Cell blastema — செல் மூலப்பொருள்
Cell membrane — செல் சவ்வு
Cell pathology — செல் நோயியல்
Cell physiology — செல் செயலியல்
Cell theory — செல் கொள்கை
Cell wall — செல் சுவர்
Centrifugation — மைய விலக்கம்
Centriole — மையத்துகள்
Centriole cylinder — மையத்துகள் உருளை
Centriole plaques — மையத்துகள் தகடுகள்
Centromere — சென்ட்ரோமியர்
Chara — கேரா; ஒரு வகை ஆல்கா
Chiasma — குறுக்கீட்டுப் பகுதி
Chironomus — கைரானமஸ்; ஒரு கணுக்காலி
Chlorophyll — குளோரோஃபில்
Chloroplast — குளோரோபிளாஸ்ட் பசுங்கணிகம்
Cholesterol — கொலஸ்ட்ரால்
Chondriosome — காண்டிரியோசோம் (மைட்டோக் காண்டிரியாவின் மற்றொரு பெயர்)
Chondriosphere — காண்டிரியோஸ் பியர் மைட்டோக் காண்டிரியா திரட்சி
Chromatid — குரோமாடிட்
Chromomere — குரோமோமியர்
Chromonema — குரோமானிமா (குரோமோசோமின் இழை)
Coromophore — குரோமோஃபோர்; நிறத்துகள்
Chromosome — குரோமோசோம்.
Chromosomal strands — குரோமோசோமின் இழைகள்
Chromosomal theory of in heritance — மரபு வழி குரோமோசோம் கொள்கை
Cilia — குறுஇழைகள்
Cisternae — சிஸ்டர்னே
Cistron — சிஸ்ட்ரான்; (தூதுவர் ஆர்என்ஏ வின் ஒரு பகுதி)
Citric acid cycle — சிட்ரிக் அமிலச் சுழற்சி
Code — குறியிடுதல்
Codon — கோடான்

| | |
|---|---|
| Coenzyme | — துணைநொதி |
| Colchicine | — கால்சிசைன்; (ஓர் உப்பு மூலப் பொருள்) |
| Colloidal State | — கொல்லாய்டல்நிலை |
| Complementary Strand | — உருவாக்கப்பட்ட இழை |
| Concentration gradient | — அடர்த்தி ஏற்ற இறக்க வாட்டம் |
| Condensing Vacuole | — அடர்த்தியாக்கும் குமிழி |
| Conjugated protein | — இணைந்துள்ள புரதம் |
| Connective tissue | — இணைப்புத் திசு |
| Cortex | — புறப்பகுதி |
| Cyclosis | — சுழற்சி ஓட்டம் |
| Cyst | — காப்புறை |
| Cytochrome | — சைட்டோகுரோம் |
| Cytochrome oxidase activity | — சைட்டோகுரோம் ஆக்சிடேஸ் செயல் |
| Cytogenetics | — செல்மரபியல் |
| Cytoplasm | — சைட்டோப்பிளாசம் |
| Cytoplasmic factors | — சைட்டோப்பிளாச காரணிகள் |
| Cytoplasmic matrix | — சைட்டோப்பிளாச இடையூட்டுப் பொருள் |
| Cytosine | — சைட்டோசின்; (ஒரு வகை நைட்ரஜன் ஆதார அமைப்பு) |

## D

| | |
|---|---|
| Daughter Chromatids | — சேய்க் குரோமாடிட்கள் |
| Daughter chromosomes | — சேய்க்குரோமோசோம்கள் |
| De hydration | — நீர் நீக்கல் |
| De oxyribose Sugar | — டியாக்சிரிபோஸ் சர்க்கரை |
| De phosphorylation | — எதிர் பாஸ்ஃபாரிலேஷன் |
| Desmosome | — டெஸ்மோசோம் |
| Detoxification | — நச்சு நீக்கம் |
| Diakinesis | — குறுகலிழை கட்டம் |
| Dialister | — டயலிஸ்டர்; ஒரு வகை பாக்டீரியா |
| Dicentric | — டைசெண்ட்ரிக்; இரு மைய |
| Dictyosomes | — டிக்டயோசோம்கள்; (ஒருவகை கோல்கைப் பொருள்) |
| Differential centrifugation | — வேறுபட்ட மைய விலக்கம் |
| Digestive residues | — செரித்த பின் எஞ்சியவை |
| Dinosaur | — இராட்சதப் பல்லி |

| | |
|---|---|
| Diploid | — இரட்டைக்குழு அமைப்பு |
| Diplotene stage | — இருநூல் அகல் கட்டம் |
| Dipole attraction | — இரு முனைக் கவர்ச்சி |
| DAN | — டிஎன்ஏ; டியாக்சிரிபோ உட்கரு அமிலம் |
| DAN Joining enzyme or DNA Ligase | — டிஎன்ஏ இணைக்கும் நொதி |
| DNA polymerase | — டிஎன்ஏ பாலிமரேஸ்; (ஒரு வகை நொதி) |
| DNA replication | — டிஎன்ஏ பிரதியெடுத்தல் |
| Double helix | — இரட்டைத் திருகு |
| Double helix model | — இரட்டைத் திருகு மாதிரி |
| DPN | — டைபாஸ்ஃபோ பைரிடின் நியூக்ளியோடைடு |
| Drosophila | — டிரோசோஃபிலா; பழஈ |
| Dry weight | — உலர் எடை |
| Dynein | — டைனீன் |
| Dysentery amoeba | — சீதபேதி அமீபா |

E

| | |
|---|---|
| Ecdyson | — எக்டைசான்; (ஒரு வகை ஹார்மோன்) |
| Ectoplasm | — புறத்தாது |
| Effective stroke | — உந்து அசைவு |
| Electro magnetic field | — மின் காந்தப் பிரதேசம் |
| Electron density | — எலெக்ட்ரான் அடர்த்தி |
| Electro negative | — எதிர் மின்னேற்றம் |
| Electron microscopy | — எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியியல் |
| Electron potential | — எலெக்ட்ரான் நிலைச் சாதனம் |
| Electro osmosis | — மின் ஊடுபரவல் |
| Electro phoresis | — எலெக்ட்ரோ ஃபோரசிஸ் |
| Electrotonic junction | — எலெக்ட்ரோடானிக் சந்திப்பு |
| Elementary particle | — எளிய துகள்கள் |
| Endoplasm | — உள்தாது |
| Endoplasmic Reticulum | — உள்தாது வலை |
| Endothelium | — உள்ளணிஇழையம் |
| Endosperm | — விதை சூழ்த்தசை |
| Entamoeba coli | — எண்டமிபா கோலை (ஒரு வகை தொல்லுயிரி) |

| | |
|---|---|
| Enzyme | — நொதி |
| Epididymis | — விந்துக்குழாய் முடிச்சு |
| Epithelium | — மேலணி இழையம் |
| Epoxy resins | — எபாக்சி மரப்பால்கள் |
| Ergastoplasm | — எர்கோஸ்டோப்பிளாசம் |
| Ergosterol | — எர்கோஸ்டிரால் |
| Erythrocyte | —, சிவப்பணு |
| Escherichia coli | — எஸ்செரிச்சயா கோலை; (ஒரு வகை பாக்டீரியா) |
| Ethylene | — எதிலீன் |
| Eukaryotic condition | — வளர் உட்கரு நிலை |
| Evacuation | — கொள்பொருள் அகற்றல் |
| Evagination | — வெளிமடிப்பு |
| Evolution | — பரிணமம் |
| Excitability | — தூண்டுகை |
| Exocytosis | — எதிர்முகச் செல்விழுக்கம்; செல் உமிழல் |
| Experimentals biologist | — ஆய்வு உயிரியல் வல்லுநர்கள் |
| Extra celluar material | — செல் புறப்பொருள் |
| Extraneous membrane | — வெளிப் பொருள் சவ்வு |

**F**

| | |
|---|---|
| FAD | — ஃபிளேவின் அடினைன் டை நியூக்ளியோடைடு |
| Fat solvent | — கொழுப்புக் கரைப்பான் |
| Fiber apparatus | — நார்க் குருவி |
| Fibroblast | — நார்ச் செல் |
| Filter passing Virus | — வடிகட்டியில் நுழையும் வைரஸ் |
| Fixation | — நிலை நிறுத்தல் |
| Fixative | — நிலை நிறுத்தி |
| Flagella | — சாட்டை இழைகள் |
| Flemming's solution | — ஃபிளெமிங்கரைசல் |
| Fluorescent screen | — மின்னுகையுள்ள திரை |
| Formaldehyde | — ஃபார்மால் டிஹைடு |
| Fountain zone theory | — ஊற்றுப் பிரதேசக் கொள்கை |
| Fumarate | — ஃபியூமரேட் |
| Fungi | — காளான்கள் |

**G**

| | |
|---|---|
| Gelatin | — ஜெலாடின் |
| Gene | — ஜீன்; மரபி |

Genetics — மரபியல்
Genetical determinant — மரபியல் நிர்ணயிப்பி
Genome — ஜீனோம்
Germplasm theory — இன உயிர்ப்பொருள் கொள்கை
Giant amoeba — இராட்சத அமீபா
Giant chromosome — இராட்சத குரோமோசோம்
Glucose — குளுக்கோஸ்
Glutaraldehyde — குளுடரால்டிஹைடு: (ஒரு வகை நிலை நிறுத்தி)
Glycogen — கிளைகோஜன்
Glyoxylate cycle — கிளையாக்சிலேட் சுழற்சி
Golgi complex — கோல்கைப் பொருள்
Granum — கிரானம்
Gravitation — ஈர்ப்பு விசை
Gray matter — சாம்பல் நிறப் பொருள்
Growth — வளர்ச்சி
Guanine — குவானின்; (ஒரு வகை நைட்ரஜன் ஆதார அமைப்பு)
Guinea pig — சீமை எலி

H

Haemolysis — சிவப்பணு உடைபடு செயல்
Haploid — ஒற்றைக் குழு அமைப்பு
Hematoxylin — ஹிமடாக்சிலின் (ஒரு வகைச் சாயம்)
Heme — ஹீம்
Heterocyclic — வேற்றுச் சுழற்சியுடைய
Heterochromatin — மாறுபட்ட குரோமாடின்
Heterosome — வேறு பாட்டுக் குரோமோசோம்
Hexokinase — ஹெக்சோகினேஸ்: (ஒரு வகை ஆதார நொதி)
Hexose — ஹெக்சோஸ்
Histone — ஹிஸ்டோன்
Homologous pair — ஒத்த அமைப்பு இணை
Hormone — ஹார்மோன்
Host — ஊட்டுயிரி
Hyaloplasm — ஹயலோப்பிளாசம்
Hyaluronic acid — ஹயலுரானிக் அமிலம்
Hybridization — கலப்புயிரி அமைத்தல்

Hydrogen concentration — ஹைட்ரஜன் அடர்த்தி
Hydrogen bond — ஹைட்ரஜன் இணைப்பு
Hydrogen peroxide — ஹைட்ரஜன் பெராக்சைடு
Hydrolytic enzymes — ஹைட்ராலிடிக் நொதிகள் நீரால் பகுக்கும் நொதிகள்
Hydrophilic — நீர் விரும்பும்
Hydrophobic — நீர் வெறுக்கும்
Hypertonic — மிகுதி ஊடுகலப்பு அழுத்த முடைய
Hypotonic — குறைந்த ஊடுகலப்பு அழுத்த முடைய

**I**

Incident ray — படுகிரணம்
Inclusions — உயிரில் பொருட்கள் (சேமித்தவை)
Influenza Virus — இன்ஃபுளுயன்சா வைரஸ்
Inhibitor — மந்தப்படுத்தி
Inorganic — அனங்கக
Intensity of light — ஒளியின் ஆற்றல்
Interaction — இடைவினை
Interference microscopy — குறுக்கீட்டு நுண்ணோக்கியியல்
Interphase — பகுப்பு இடைநிலைப் பருவம்
Invagination — உள்பிதுக்கம்
Ionization — அயானுக்கப்படுதல்
Ionizing radiation — அயானுக்கும் கதிர் வீச்சம்
Isocitrate — ஐசோ சிட்ரேட்
Isoelectric point — ஒத்த எலெக்ட்ரிக் புள்ளி
Isolation — தனிப்படுத்தல்
Isotropic — ஒத்த தன்மை கொண்ட

**J**

Jvnctional complex — சந்திப்புக் கூட்டமைப்பு
Junctional structutre — சந்திப்பு அமைப்பு

**K**

Kappa particles — கப்பா துகள்கள்
Kidney tubules — சிறுநீரக நுண்குழாய்கள்
Kinetosome — கைனடோசோம்
Krebs cycle — கிரெப்ஸ் சுழற்சி

## L

| | |
|---|---|
| Lamp brush chromosome | — விளக்கு பிரஷ் குரோமோசோம் |
| Larva | — லார்வா; இளம் உயிரி |
| Lens | — வில்லை |
| Leptotene stage | — நீள் நூல் கட்டம் |
| Leucocytes | — வெள்ளணுக்கள் |
| Leucoplasts | — லுகோ பிளாஸ்ட்கள் |
| Lignin | — லிக்னின் |
| Linkage | — கோர்வை |
| Locomotion | — இடப்பெயர்ச்சி |
| Lysosome | — லைசோசோம் |
| Lysosomal enzyme | — லைசோசோம் நொதி |

## M

| | |
|---|---|
| Macromolecule | — பெருமூலக்கூறு |
| Macula adherens | — மாகுலா அட்ஹிரன்ஸ்; (ஒரு வகை சந்திப்பு அமைப்பு) |
| Magnetic coil | — காந்தச்சுருள் |
| Mammals | — பாலூட்டிகள் |
| Massule | — நுண்குவியல் |
| Medium | — ஊடகம் |
| Meiosis | — குன்றல் பகுப்பு |
| Membrane | — சவ்வு |
| Mercuric chloride | — பாதரச குளோரைடு |
| Mesogloea | — மீசோகிளியா; (அமைப்பற்ற நடு அடுக்கு) |
| Mesosomes | — மீசோசோம்கள் |
| Messengers | — தூதுப்பொருட்கள் |
| Messenger RNA | — தூதுவர் ஆர்என்ஏ |
| Metacentric | — நடு நுனி |
| Metachromasia | — மெட்டாகுரோமாசியா |
| Metaphase | — இடைநிலை |
| Methyl green | — மெதைல் பச்சை; (ஒரு சாயப் பொருள்) |
| Microbodies | — நுண்ணமைப்புகள்; நுண்ணுடல்கள் |
| Microscopy | — நுண்ணோக்கியியல் |
| Microsomes | — மைக்ரோசோம்கள் |

Microsurgery — நுண்ணறுவை முறை
Microtubule — நுண் குழாய்
Microvilli — நுண் உறிஞ்சிகள்
Mitochondrion — மைட்டோக்காண்டிரியான்
Mitosis — எதிர்முகப்பகுப்பு; மைட்டாசிஸ்
Mitotic apparatus — எதிர்முகப் பகுப்பு சாதனம்
Molecule — மூலக்கூறு
Molecular biology — மூலக்கூற்று உயிரியல்
Molecular weight — மூலக்கூற்று எடை
Monocentric — ஒற்றை மைய
Monosaccharide — மானோசாக்கரைடு
Moulting — தோலுரித்தல்
Muco polysaccharide — மியூகோ பாலிசாக்கரைடு
Mucor — பூஞ்சக்காளான்
Muscle cramb — தசைப்பிடிப்பு
Muscle contraction — தசைச்சுருக்கம்
Mycoplasma — மைக்கோப்பிளாஸ்மா
Myofibrils — தசைநார்கள்
Myoglobin — மயோகுளோபின்
Myosin — மயோசின்

N

Negativc staining — எதிர்மறை நிறமிடல்
Neocentric fibers — மையம் விலகிய நார்கள்
Neutral lipids — நடுநிலைக் கொழுப்புகள்
Nitella — நைட்டல்லா; (ஒரு வகை ஆல்கா)
Nitro — நைட்ரோ
Nitrogen — நைட்ரஜன்
Non electrolyte — எலக்ரோலைட் அற்ற
Non polar end — துருவமில்லா நுனி
Nuclear envelope — உட்கருச் சவ்வு; உட்கரு உறை
Nuclear pores — உட்கருத் துளைகள்
Nuclear sap — உட்கருத் திரவம்
Nuclease — நியூக்ளியேஸ்
Nucleic acid — உட்கரு அமிலம்
Nucleolar apparatus — உட்கருவின் கருவி
Nucleolar chromosome — உட்கருமணிக் குரோமோசோம்
Nucleolar zone — உட்கருமணிப் பிரதேசம்

Nucleolus — உட்கருமணி; நியூக்ளியோலஸ்
Nucleolar organizer region — உட்கருமணி தோற்றுவிக்கும் பகுதி
Nucleolus associated chromatin — உட்கருமணித் தொடர்பான குரோமாடின்
Nucleo protein — உட்கருப்புரதம்
Nucloside Triphosphate — நியூக்ளியோசைடு டிரை பாஸ்ஃபேட்
Nucleotide — நியூக்ளியோடைடு
Nncleus — உட்கரு
Nutrition — ஊட்டம்

O

Ocular lens — விழியருகு வில்லை
Oligosaccharide — ஒலிகோ சாக்கரைடு
Oogonia — முட்டை தாய்ச்செல்
Oocyte — முதல்நிலை முட்டை
Opalina — ஒபலினு; (ஒரு தொல்லுயிரி)
Operator gene — நடத்தும் ஜீன்
Operon — ஒபரான் (ஒரு சேர்க்கைக் குழு)
Optic system — ஒளியமைப்புச் சாதனம்
Organic — அங்கக
Osmiophilic plagues — ஆஸ்மியோஃபிலிக் தகடுகள்
Ostrich — நெருப்புக் கோழி
Oxalo acetate — ஆக்சலோ அசிடேட்
Oxidation — ஆக்சிகரணம்
Oxygen — ஆக்சிஜன்

P

Pachytene stage — குறுகுநூல் கட்டம்
Pancreas — கணையம்
Parascaris equorum — பாரஸ்காரிஸ் ஈக்வோரம் (குதிரை நூல் புழு)
Parasite — ஒட்டுண்ணி
Pars amorpha — பார்ஸ் அமார்ஃபா; அமைப்பில்லாப் பகுதி
Pectin — பெக்டின்
Penetrability — நுழையாற்றல்
Pentose — பெண்டோஸ்
Peptide bond — பெப்டைடு இணைப்பு

Permeability — உட்புகுதிறன்
Peroxisome — பெராக்சிசோம்
Phago cytosis — செல் விழுக்கம்
Phase microscopy — ஒளி நிலை நுண்ணோக்கியியல்
Phase contrast microscopy — ஒளி நிலை வேறுபாட்டு நுண்ணோக்கியியல்
Phenobarbital — ஃபினோபார்பிடால்
Phloem — ஃப்ளோயம்
Phosphate diaster bond — பாஸ்ஃபேட் டையஸ்டர் இணைப்பு
Phosphate ester — பாஸ்ஃபேட் எஸ்டர்
Phospho glucomutase — பாஸ்போ குளுகோமுடேஸ்; (ஒரு வகை ஆதார நொதி)
Phospho protein — பாஸ்ஃபோ புரதம்.
Phospho protein–sodium complex — பாஸ்ஃபோ புரத சோடியம் கூட்டமைப்பு
Phosphoric acid group — பாஸ்ஃபாரிக்: அமிலக்குழு
Phosphorylation — பாஸ்ஃபாரிலேஷன்
Photo respiration — ஒளிச் சுவாசம்
Photosynthesis — ஒளிச் சேர்க்கை
Phylogeny — தொகுதி வரலாறு
Physiology — உடற் செயலியல்
Pinocytosis — செல் குடித்தல்; திரவ விழுக்கம்
Plasma gel — பிளாஸ்மா ஜெல்
Plasma membrane — பிளாஸ்மா சவ்வு
Plasmasol — பிளாஸ்மாசால்
Plasmo desmata — பிளாஸ்மோ டெஸ்மாட்டா
Plasmolysis — சவ்வு உடைபடு செயல்
Plasmosomes — பிளாஸ்மோசோம்; (உட்கருமணியின் மற்றொரு பெயர்)
Plastids — பிளாஸ்டிட்கள்
Polar end — துருவ நுனி
Polarization microscopy — முனைப்படுத்தல் நுண்ணோக்கியியல்
Polarizer — முனைப்படுத்தி
Polio virus — இளம்பிள்ளை வாத வைரஸ்
Polocy — துருவ செல்
Polycentric — பல மைய
Polyhedron — பாலிஹெட்ரான்
Polymer — பாலிமர்

| | |
|---|---|
| Polynucleotide chain | — பாலி நியூக்ளியோடைடு சங்கிலி |
| Polyoma virus | — பாலியோமா வைரஸ் |
| Polyphenylalanine | — பாலிஃபினைலலனின்; (ஒரு வகை பாலிபெப்டைடு) |
| Polyploidy | — பாலிப்ளாய்டி; பல குரோமோசோம் உள்ள நிலை |
| Polyribosome | — பாலி ரிபோசோம்; (பாலிசோமின் மற்றொரு பெயர்) |
| Polysaccharide | — பாலி சாக்கரைடு |
| Polysome | — பாலிசோம் |
| Polytene chromosome | — பலகட்டு குரோமோசோம் |
| Power house | — சக்தி மையம் |
| Pre centriole | — முன் மையத்துகள் |
| Precocious | — முன்முதிர்ந்த வளர்ச்சி கொண்ட |
| Primary coils | — முதல் நிலைச் சுருள்கள் |
| Primary lysosome | — முதல் நிலை லைசோசோம் |
| Pyronin | — பைரானின்; (ஒரு சாயப் பொருள் |
| Primary constriction | — முதலாம் ஒடுக்கம் |
| Primary wall | — முதல் நிலைச் சுவர் |
| Pro karyotic condition | — தொல் உட்கரு நிலை |
| Pro metaphase | — துவக்க இடைநிலை |
| Prophase | — முதல் நிலை |
| Protein | — புரதம் |
| Protein synthesis | — புரதச் சேர்க்கை |
| Proioplasm | — உயிர்ப் பொருள்; புரோட்டோப் பிளாசம் |
| Protozoa | — தொல்லுயிரிகள் |
| Purine | — பியூரைன் (ஒரு வகை அங்ககப் பொருள்) |
| Pushing body or stemmkorper | — உந்தும் அமைப்பு |
| Pyruvic acid | — பைருவிக் அமிலம் |

## Q

| | |
|---|---|
| Quantosomes | — குவாண்டோ சோம்கள் |
| Quinoid | — குவினாய்டு |

## R

| | |
|---|---|
| Radial spokes | — ஆரக்கால்கள் |
| Radiation | — கதிரியக்கம் |

Reaction — எதிர் வினை
Recovery stroke — மீளும் அசைவு
Redox potential — ரீடாக்ஸ் நிலை
Refractive index — ஒளி முறிவு காட்டி; ஒளி விலக்க எண்
Regoud solution — ரிகோடு கரைசல்
Replicon — பிரதியெடுப்பான்
Residual bodies — எஞ்சிய அமைப்புகள்
Resistance — எதிர்ப்புத் திறன்
Resolution — நுட்பம் காண் திறன்
Respiratory assembly — சுவாசத் திரட்சி
Respiratory chain — சுவாசச் சங்கிலி
Reticular apparatus — வலை அமைப்பு
Reticulocytes — வலைச் செல்கள்
Ribo nuclease — ரிபோ நியூக்ளியேஸ்
Ribo nucleo protein particle — ரிபோ நியூக்ளியோ புரதத் துகள்
Ribose sugar — ரிபோஸ் சர்க்கரை
Ribosomes — ரிபோசோம்கள்
Ribosomal RNA — ரிபோசோம் ஆர் என் ஏ
RNA — ஆர் என் ஏ; ரிபோ உட்கரு அமிலம்
RNA Virus — ஆர் என் ஏ வைரஸ்
Root hair — வேர்த் தூவி
Root meristem — வேர் மெரிஸ்டம்
Rough endoplasmic reticulam — கடின உள் தாது வலை
Rous sarcoma virus — ரூஸ் சார்கோமா வைரஸ்

S

Salivary gland chromosome — உமிழ் நீர்ச் சுரப்பி குரோமோசோம்
Salt linkage — உப்புக் கோர்வை
Sarcoplasmic reticulum — சார்க்கோப் பிளாஸ்மிக் வலை
Satellite — சார்க்கோள்
Scallop — அரை வட்ட அமைப்பு
Seleroprotein — ஸ்க்ளீரோ புரதம்
Secondary coil — இரண்டாம் நிலைச் சுருக்கம்
Secondary constriction — இரண்டாம் ஒடுக்கம்
Se condary lysosome — இரண்டாம் நிலை லைசோசோம்
Sccondary wall — இரண்டாம் நிலைச் சுவர்

Secretion — சுரத்தல்
Sediments — வீழ் படிவுகள்
Selectively permeable — தேர்வு உட்புகு திற முடைய
Self-replication — தன்னைத் தானே பிரதியெடுத்துக் கொள்ளல்
Semi-conservative replication— பாதி பழையன காக்கும் பிரதியெடுக்கும் முறை
Semi-reflecting mirror — அரை குறைப் பிரதி பலிப்பு
Sendal virus — செண்டால் வைரஸ்
Septate desmosome — குறுக்குச் சுவருள்ள டெஸ்மோசோம்
Sequence — தொடர் அமைப்பு தொடர் நிலை
Sequence hypothesis — தொடர் நிலைக் கோட்பாடு
Serum — சீரம்
Sex chromosomes — பால் குரோமோசோம்கள்
Sieve tube — சல்லடைக் குழாய்
Sigma factor — சிக்மா காரணி
Silver impregnation technique — வெள்ளி புதைப்பு முறை
Skeleton — சட்டகம்
Sooth endoplasmic reticulum — மென் உள் தாது வலை
Sol-gel transformation — சால்-ஜெல் மாற்றம்
Solubility — கரைதிறன்
Somatic cells — உடற்செல்கள்
Special chromosomes — சிறப்பு குரோமோசோம்கள்
Spermatocyte — முதல் நிலை விந்தணு
Spermatogonia — விந்தணுத் தாய்ச் செல்
Spermatozoon — விந்தணு
Spindle fiber — கதிர் அமைப்பு
Staining — நிறமிடுதல்
Starch — ஸ்டார்ச்சு
Sterols — ஸ்டீரால்கள்
Streaming movement — பாய்வுப் போக்கு அசைவு
Stripeo muscle — வரித்தசை
Structure — அமைப்பு
Structural gene — அமைப்பு ஜீன்
Sub metacentric — கீழ் நடு நுனி
Sub units — துணை அலகுகள்
Succinoxidase activity — சக்சினுக்சிடேஸ் செயல்

Sulfonic — சல்ஃபானிக்
Svedberg unit — ஸ்வெட்பெர்க் அலகு
Swivel — சுழல் வளையம்

T

Telomere — முனைப்பகுதி
Telophase — கடைநிலை
Template — வார்ப்புக் கருவி
Tendon — தசை நாண்
Tetrahymena — டெட்ராஹைமினு (ஒரு வகை குறு இழை உயிரி)
Theory of spontaneous generation — உயிர்கள் தாமாகவே தோன்றும் கொள்கை
Thymine — தைமின் (ஒரு வகை நைட்ரஜன் ஆதார அமைப்பு)
Time lapse photography — கால இடை வெளியிட்ட புகைப்படமெடுக்கும் முறை
Tissue culture — திசுவளர்ப்பு
Tobacco mosaic virus — புகையிலை மொசைக் வைரஸ்
Tractile fiber — இழுக்கும் நார்
Transcription — ''படியெடுத்தல்''
Transfer RNA — ஏற்று ஆர் என் ஏ
Translation — 'மொழி பெயர்த்தல்'
Transport — கடத்துகை
Trihydroxy-N-methlindole — டிரை ஹைட்ராக்சி என் மெதிலின்டோல்
Triplet — மூன்றமைப்பு
Trypsin — டிரிப்சின் (ஒரு வகை நொதி)
Trytophan — டிரைடோஃபான்
Trytophan synthetase — டிரைடோஃபான் சிந்தடேஸ் (ஒரு வகை நொதி)

U

UDPG Transferase — யுரிடின் டை பாஸ்ஃபோ குளுகோஸ் டிரான்ஸ்ஃப்ரேஸ் (ஒரு வகை ஆதார நொதி)
Ultra centifuge — நுண்மைய விலக்கக் கருவி
Ultra violet absorption — அல்ட்ரா வயலட் உறிஞ்சுகை
Ultra vileto radiation — அல்ட்ரா வயலட் கதிர் வீச்சம்
Undulant movement — நெளிவு அசைவு

Unit membrane — அலகுச் சவ்வு
Unsaturated — அபூரித
Unwinding — சுருளகற்றல்
Uracil — யுரேசில் (ஒரு வகை நைட்ரஜன் ஆதார அமைப்பு)
Urate oxidase — யுரேட் அக்சிடேஸ் (ஒரு வகை நொதி

V

Variation — வேறுபாடு
Virus — வைரஸ்
Viscocity — பாகு நிலே
Vitelline membrane — விட்டலின் சவ்வு

W

Wax — மெழுகு
White matter — வெண்பொருள்

X

X-chromosome — X குரோமோசோம்
X-ray diffraction — எக்ஸ்: கதிர் பரப்புகை
Xylem — சைலம்

Y

Y chromosome — Y குரோமோசோம்
Yolk — யோக் (ஒரு வகை புரதசே மித்த உணவு)

Z

Zonula occludens — சோனுலா ஆக்லுடன்ஸ்; (ஒரு வகை சந்திப்பு அமைப்பு)
Zygote — கருமுட்டை
Zygotene stage — இணைநூல் கட்டம்
Zymogen granules — சைமோஜன் துகள்கள்.